



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEG[illegible] IN

J. C. POGGENDORFF.

DREISSIGSTER BAND.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

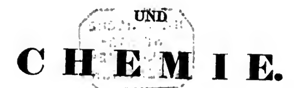
LEIPZIG, 1853.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND



CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

NEUNZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND SECHS UND SECHSZIGSTER.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1853.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER



PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XC.



I n h a l t

des Bandes XC der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

(*Geschlossen am* 14. *October* 1853.)

Drittes Stück.

(*Geschlossen am* 15. *November* 1853.)

Viertes Stück.

(*Geschlossen am* 16. *December* 1853.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von Rollmann Bd. 89

S. 351 Z. 12 v. o. l. Finger statt Figur.

Zum Aufsatz von Quintus-Icilius Bd. 89

S. 392 Z. 7 v. o. l. in Formel (1)

$$e^{-(\gamma-\lambda)(m-\Delta_m)} \pm \cos\varpi\Delta_m \mp \frac{\varpi\varpi+\lambda\lambda-\lambda\gamma}{\varpi\gamma}\sin\varpi\Delta_m = 0$$

statt

$$e^{-(\gamma-\lambda)(m-\Delta_m)} \pm \cos\varpi\Delta_m \pm \frac{\varpi\varpi+\lambda\lambda-\lambda\gamma}{\varpi\gamma}\sin\varpi\Delta_m = 0.$$

Zum Aufsatz von R. Clausius Bd. 90

S. 533 Z. 13 v. o ist statt »dem Abkühler« zu lesen: dem Theile, wo die kalte Luft comprimirt wird.

1853. ANNALEN №. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XC.

I. *Ueber das Entstehen von Theer aus ölbildendem Gase; von G. Magnus.*

Mehr als sechszig Jahre sind verflossen, seitdem man angefangen Gas zur Beleuchtung zu benutzen, aber dennoch ist die Eigenschaft, auf welcher seine Leuchtkraft, und somit seine ganze Anwendung beruht, nämlich die Ausscheidung von Kohle in der Glühhitze, nicht vollständig bekannt.

Die Entdecker des ölbildenden Gases, die Holländischen Physiker Deiman, van Troostwyk, Lawrenberg und Bondt [1]) erwähnen schon in ihrer ersten Bekanntmachung 1795 die Abscheidung von Kohle in der Glühhitze aus diesem Gase. Seitdem sind verschiedene Untersuchungen sowohl über dieses Gas, als auch über das aus Steinkohlen veröffentlicht. Aufser der Wiederholung der holländischen Versuche, welche Vauquelin und Hecht [2]) auf Veranlassung der Philomatischen Gesellschaft zu Paris vornahmen, haben später Berthollet [3]), Th. Thomson [4]), Th. de Saussure [5]), Dr. Henry [6]), Brande [7]), J. Davy [8]) so wie G. Bischoff in Bonn [9]) sich theils mit Steinkohlengas, theils mit Grubengas, theils mit den verschiedenen Kohlenwasserstoffgasen beschäftigt.

1) *Journal de Physique XLV*, 246 und Gilbert's Annalen II, 201.
2) *Annales de Chimie XXI*. 64 und Gilbert's Annalen II, 210.
3) *Mémoires de l'Institut IV*, 269.
4) *Proceedings of the Glasgow Phil. Soc. I*. 165.
5) *Annales de Chim. LXXVIII*, 57, auch Gilbert's Annalen XLII. 349.
6) *Philosoph. Transact. for* 1808. 282 und *for* 1821. 136.
7) *Philos. Transact. for* 1820. 11.
8) *Edinb. Journ. of Scienc. IV*. 43.
9) *Jameson's Journal XXIX*, 309 u. *XXX*, 127.

Zu diesen sind in neuerer Zeit noch Frankland's [1]) vortreffliche *Beiträge zur Kenntnifs des Processes der Gasbereitung* gekommen, die zum Zwecke haben, die Vorzüge des Verfahrens von White darzuthun, der das Steinkohlengas dadurch schneller aus den glühenden Retorten, in denen es erzeugt worden, fortschafft, dafs er andre Gase, die aus glühenden Holzkohlen oder Coaks und Wasserdämpfen bereitet werden, in diese einleitet. Da indefs Frankland sich nur mit dem Steinkohlengas beschäftigt hat, das ein Gemisch aus verschiedenen Gasen ist, so konnte die Zersetzung des reinen ölbildenden Gases von ihm nicht weiter verfolgt werden.

Eine Untersuchung, welche die Zersetzung dieses Gases speciel behandelt, ist von Marchand [2]). Dieser leitete ölbildendes Gas, das aus Schwefelsäure und Alkohol dargestellt war, durch Kalkmilch und Schwefelsäure, um es zu reinigen, ferner über kaustisches Kali, um es zu trocknen, und sodann durch eine glühende Röhre, die mit Kupferdraht gefüllt war. Das Gas, das aus dieser Röhre kam, analysirte er, indem er es durch eine mit Kupferoxyd gefüllte glühende Glasröhre leitete, und die Menge des gebildeten Wassers so wie der Kohlensäure bestimmte. Er fand, dafs es anfangs fast reines Sumpfgas war, nachdem aber die Röhre die volle Weifsglühhitze angenommen hatte, bestand es aus fast reinem Wasserstoff. Aller Kohlenstoff hatte sich ausgeschieden.

Das aus Schwefelsäure und Alkohol erzeugte ölbildende Gas hat, nachdem es so weit als möglich von schweflichter Säure, Aether und Weinöldämpfen befreit ist, einen eigenthümlichen Geruch. Als ich aber solches Gas durch eine glühende Glasröhre leitete, bemerkte ich, dafs jener Geruch verschwunden war, und dafs das Gas den Geruch von Steinkohlentheer angenommen hatte. Diese Beobachtung veranlafste die folgenden Versuche.

Bei Gelegenheit einer früheren Bekanntmachung über

1) Liebig und Wöhler Annalen der Chemie und Pharmacie LXXXII. 1.
2) Journal für praktische Chemie XXVI, 478.

das Carbylsulphat habe ich erwähnt, dafs sich das ölbildende Gas ganz gut darstellen lasse, indem man in einem geräumigen Kolben Schwefelsäure mit etwa $\frac{1}{16}$ ihres Gewichts Alkohol mischt und erhitzt, bis die Masse anfängt sich zu färben, und dann durch einen Welter'schen Trichter, der durch den im Halse des Kolbens befindlichen Kork geht, von Zeit zu Zeit kleine Mengen Alkohol nachgiefst. Hr. Mitscherlich hat seitdem vorgeschlagen, den Alkohol dampfförmig zuzufügen, indem man ihn in einem besonderen Kolben kocht, und die Dämpfe in die zuvor mit 30 Proc. Wasser verdünnte und bis 165° C. erhitzte Schwefelsäure leitet. Zwar sagt Hr. Mitscherlich, dafs man gut thue, um das Gas schnell und bequem darzustellen, sich der ursprünglichen Methode zu bedienen, und zu 4 Theilen Schwefelsäure auf einmal einen Theil Alkohol hinzuzufügen und vorsichtig zu erwärmen; indefs habe ich gefunden, dafs die Methode, bei welcher der Alkohol als Dampf in die Schwefelsäure geleitet wird, sowohl in Bezug auf Schnelligkeit der Darstellung als auf Reinheit des Gases allen andern vorzuziehen ist, und habe mich deshalb dieser stets bedient.

Um das Gas von allem Weinöl und Aether so wie von etwa vorhandener schweflichter Säure zu befreien, die übrigens niemals zu bemerken war, wurde es zunächst durch mehrere Gefäfse mit concentrirter Schwefelsäure und sodann durch kaustisches Kali geleitet. Um ferner auch sicher zu seyn, dafs keine fremde Gasarten beigemischt waren, wurde eine kleine Quantität des Gases über Quecksilber aufgefangen und rauchende Schwefelsäure hinzugebracht. Bisweilen wurde etwas davon über Wasser mit Chlorgas gemischt, von dem eine Probe durch kaustisches Kali vollständig absorbirt wurde. Nachdem dann das holländische Oel sich gebildet hatte, wurde kaustisches Kali hinzugefügt, um das überflüssige Chlorgas fortzuschaffen. Selbst wenn das auf diese Weise als rein erkannte ölbil-

1) Poggendorff's Annalen XLVII, 524.

1) Mitscherlich, Lehrbuch der Chemie 4te Aufl. I. 196.

dende Gas bis zum Glühen in einer Glasröhre erhitzt wurde, so entstand Theer.

Man konnte glauben, dafs das Gas vielleicht noch geringe Spuren von Sauerstoff enthielt, da nach den Untersuchungen von Schrötter über das Leuchten des Phosphors sich noch Spuren desselben in Gasarten finden, die auf mannigfaltige Weise gereinigt sind. Von diesen konnte zwar die ziemlich beträchtliche Menge des Theers nicht herrühren, um aber sicher zu seyn, dafs der Theer sich bilde, selbst wenn das Gas vollkommen frei von Sauerstoff ist, wurde ölbildendes Gas durch eine lange Glasröhre geleitet, die an ihrem einen Ende ein Stück Phosphor enthielt, mit dem andern aber unter Quecksilber tauchte. Nachdem das Gas eine längere Zeit durch die Röhre geströmt hatte, und vorausgesetzt werden konnte, dafs alle atmosphärische Luft entfernt sey, wurde der Phosphor geschmolzen, und dadurch das Gas auch von der letzten Spur von Sauerstoff befreit. Als nun in ziemlicher Entfernung vom Phosphor die Röhre bis zum Glühen erhitzt wurde, entstand sogleich Theer.

In ähnlicher Weise wurde eine an dem einen Ende zugeschmolzene und gekrümmte Glasröhre mit ölbildendem Gase gefüllt und mit Quecksilber gesperrt; darauf wurde zunächst etwas Phosphor in den gekrümmten Theil gebracht und daselbst geschmolzen. Sodann wurde die Röhre an einer andern Stelle bis zum Glühen erhitzt, worauf der Theer sich nach kurzer Zeit an der innern Wand der Röhre verdichtete. Es ist also aufser Zweifel, dafs dieser entsteht, auch wenn vollkommen von Sauerstoff befreites ölbildendes Gas der Glühhitze ausgesetzt wird; und dafs er daher nichts anderes als die Bestandtheile dieses Gases d. i. Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten kann.

Wurde der obere Theil einer gekrümmten Röhre oder Glocke, die mit dem reinen Gase gefüllt und mit Quecksilber gesperrt war, in einem Bade von leichtflüssigem Metall erhitzt, dessen Temperatur wenig höher als die des kochenden Quecksilbers war, so nahm das Gas nicht den

Geruch von Theer an, sondern behielt seinen ursprünglichen Geruch. Die Bildung des Theers aus dem ölbildenden Gase beginnt daher bei einer Temperatur, die jedenfalls höher als 360° C. ist, und sie scheint nicht unter der Rothglühhitze einzutreten.

Bei der dunklen Rothgluth entsteht aber der Theer in solcher Menge, dafs er sich in Tropfen sammelt. Derselbe ist nur theilweise flüchtig, denn versucht man ihn zu destilliren, so bleibt immer etwas Kohle zurück. Er ist daher auch nicht immer von gleicher Beschaffenheit, denn bald fällt er heller, bald dunkler aus.

Wenn sich der Theer bildet, so vermindert sich das Volumen des Gases, aus dem er entsteht. Diese Verminderung ist verschieden je nach der Zersetzung, welche der Theer selbst erfährt. Bei verschiedenen Bestimmungen betrug das Volumen des zurückgebliebenen Gases, bei der Temperatur und unter dem Drucke des angewandten:

	81,4 Proc.
	93,6 „
	92,1 „
	89,4 „
	88,9 „
Im Mittel	89,7 Proc. von diesem.

So wie das Volumen des zurückbleibenden Gases ungleich ausfällt, so ist auch seine Zusammensetzung verschieden. Stets bestand es zum gröfsten Theile aus Sumpfgas, doch enthielt es aufser etwas unzersetztem ölbildenden Gase und den Dämpfen von Theer, auch Wasserstoff. Die Mengen aber, in welchen diese Substanzen sich fanden, waren verschieden. Dabei aber brannte das zurückgebliebene Gas stets mit einer ziemlich leuchtenden Flamme, etwa wie die des gewöhnlichen Leuchtgases aus Steinkohlen.

Wurde das ölbildende Gas der vollen *Weifsglühhitze* ausgesetzt, so verminderte sich sein Volumen nicht, sondern es vermehrte sich. Eine Porcellanröhre wurde an dem einen Ende verschlossen, und an dem andern durch eine Glasröhre so mit einer durch Quecksilber gesperrten Glocke

in Verbindung gebracht, dafs das Gas aus der Röhre ungehindert in die Glocke, und aus dieser wieder in die Röhre zurückgelangen konnte. Nachdem Röhre und Glocke ganz mit ölbildendem Gase gefüllt worden, wurde die erstere in einem Windofen in einer Länge von 18 Zoll bis zum Weifsglühen erhitzt. Damit hierbei das Gas sich frei ausdehnen konnte, wurde die Glocke, die ziemlich tief in das Quecksilber tauchte, aus diesem allmälig herausgezogen, und später während der Abkühlung des Porcellanrohrs wieder eingesenkt. Als nach Beendigung des Versuchs das Gas wieder unter den früheren Druck und auf die frühere Temperatur gebracht war, hatte sich sein Volumen verdoppelt. Die Untersuchung zeigte, dafs es jetzt fast aus reinem Wasserstoff bestand, das kaum den Geruch von Theer hatte. Ganz ähnlich verhielt sich das ölbildende Gas, als es sehr langsam durch eine Porcellanröhre geleitet wurde, die vollkommen weifsglühend war. Es bildete sich kein Theer, dagegen schied sich eine grofse Menge Kohle ab, und das Gas, das aus der Röhre herauskam, war fast reines Wasserstoffgas, frei von dem Theegeruch.

Es geht hieraus hervor, dafs der Theer nur in der Rothglühhitze entsteht, durch Weifsglühhitze hingegen wieder in Kohle und in Wasserstoff zerlegt wird.

Eine nähere Einsicht in den Vorgang bei seiner Bildung war nur möglich durch eine Untersuchung seiner Zusammensetzung. Um eine für die Analyse hinreichende Menge zu gewinnen, wurde das auf die oben angegebene Weise gereinigte ölbildende Gas durch eine Glasröhre geleitet, die einen Durchmesser von etwa 0,4 Zoll hatte und die in einer Länge von 15 Zoll rothglühend war. Der entstandene Theerdampf wurde, um ihn zu verdichten, mit dem zersetzten Gase durch eine lange dünne Glasröhre geleitet, die nur 0,2 Zoll Durchmesser hatte. Auf diese Weise gewann man, innerhalb eines Tages, eine zur Analyse hinreichende Menge Theer, etwa 0,3 Grammes.

Wird eine nicht flüchtige organische Substanz in einer unveränderlichen Temperatur erhalten, bei welcher sie sich

zersetzt, so bilden sich während der ganzen Zeit der Erhitzung dieselben flüchtigen Producte, bis eine bei dieser Temperatur nicht flüchtige Verbindung zurückbleibt. Steigt aber die Temperatur, so wird auch diese Verbindung wieder zersetzt; es bilden sich neue flüchtige Producte, und es bleibt eine andere nicht flüchtige Verbindung zurück. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis schliefslich nur Kohle als Rückstand bleibt. Wenn daher die Temperatur nicht vollkommen constant ist, so entstehen mit der Aenderung derselben verschiedene flüchtige Verbindungen, und ebenso entstehen solche, wenn die erhitzte Substanz nicht überall derselben Temperatur ausgesetzt wird. Diefs ist aber fast immer der Fall, denn an den Wänden der Gefäfse ist die Hitze stets gröfser als in ihrer Mitte. Daher entstehen bei der trocknen Destillation immer gleichzeitig verschiedene Zersetzungsproducte, um so mehr als nicht nur die nicht flüchtigen Reste der Zersetzung mit steigender Temperatur immer wieder zersetzt werden, sondern auch die flüchtigen, wenn sie zersetzbar sind. Daher kommt es, dafs auch der Theer aus dem ölbildenden Gase ein Gemisch von verschiedenen Zersetzungsproducten ist. Denn man ist aufser Stande die Temperatur der glühenden Röhre, in welcher er erzeugt wird, constant zu erhalten. Aufserdem ist an den Wänden dieser Röhre die Temperatur stets höher als in ihrer Mitte, wo das hindurchgehende Gas eine Abkühlung bewirkt; und endlich ist der beim Eintreten in die Röhre sich bildende Theerdampf der Hitze länger ausgesetzt, und nimmt daher eine höhere Temperatur an, als der an einer andern Stelle der Röhre z. B. nahe beim Austritt des Gases gebildete.

Nicht immer fiel daher der Theer gleich aus, bisweilen war er, wie schon oben bemerkt, dunkler, bisweilen heller; bisweilen war er so flüchtig, dafs man ihn in einem unbedeckten Gefäfs nicht wägen konnte. Dann aber einige Zeit der Luft ausgesetzt verflüchtigte sich ein Theil, und darnach war es möglich den zurückgebliebenen in einem Porcellanschiffchen zu wägen, ohne diefs zu bedecken.

Wenn sich flüchtige Substanzen zersetzen, so brauchen die Producte der Zersetzung nicht wieder flüchtig zu seyn, und bei der Zersetzung des ölbildenden Gases bilden sich auch nicht flüchtige Producte, da, wie schon bemerkt, der Theer nicht vollkommen destillirbar ist.

Gewifs wäre es wünschenswerth gewesen, die elementare Zusammensetzung jedes einzelnen Zersetzungsproductes zu ermitteln. Allein da man für jetzt nicht im Stande ist, diese Producte zu trennen, so mufste ich mich begnügen, den ganzen Theer zu analysiren. Es ist indefs einleuchtend, dafs es nicht möglich war ihn immer von gleicher Beschaffenheit zur Analyse anzuwenden; und daher rühren die Abweichungen in den Resultaten.

Die Analysen wurden auf die Weise ausgeführt, dafs die Substanz in einem Schiffchen aus Porcellan abgewogen und mit diesem in das mit Kupferoxyd gefüllte Rohr gebracht wurde. Während der Verbrennung wurde Sauerstoff über das Kupferoxyd geleitet. Der Theer hat die unangenehme Eigenschaft, dafs er sich leicht über den Rand des Schiffchens zieht, wenn er warm wird, und sich dann in dem hinteren Theile der Röhre an den Wänden derselben verbreitet. Um diefs zu hindern, wurde hinter dem Schiffchen noch eine Quantität Kupferoxyd gebracht, die während der Verbrennung der Substanz bis zum Glühen erhitzt ward, so dafs der Theer sich sogleich zersetzte, sobald er mit diesem Kupferoxyd in Berührung kam.

Die Analysen ergaben folgende procentische Zusammensetzung für den Theer:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff	Verlust oder Sauerstoff.	Summa.
I.	94,106	6,066	—	100,172
II.	92,461	6,652	0,887	100,000
III	93,403	6,808	—	100,211
Im Mittel	93,323	6,508		

Diese Zusammensetzung stimmt ziemlich gut mit der des Naphthalins, das aus

Kohlenstoff	93,75	Proc. =	5 C
Wasserstoff	6,25	»	2 H
	100,00		5 C + 2 H

besteht.

Der Geruch des Theers ist auch dem des Naphthalins ganz ähnlich; und bisweilen fanden sich, besonders wenn der flüchtigere Theil verdunstet war, kleine weifse Krystalle in demselben, die offenbar nichts anderes als Naphthalin waren. Man könnte daher den Theer als eine Mischung von verschiedenen Kohlenwasserstoffen betrachten, welche mit dem Naphthalin isomer sind, oder als eine Auflösung von Naphthalin in solchen isomeren Verbindungen.

Nimmt man an, dafs das ölbildende Gas nur in Naphthalin und in Sumpfgas zerfällt, so sind acht Volumina ölbildendes Gas erforderlich, um sechs Volumina Sumpfgas und ein Aequivalent Naphthalin zu bilden.

1 Naphthalin	= 5 C + 2 H
6 Sumpfgas	= 3 C + 6 H
8 ölbildendes Gas	= 8 C + 8 H

Es müfsten folglich sechs Achtel oder 75 Proc. von dem Volumen des angewandten ölbildenden Gases als Sumgfgas zurückbleiben. Bei den oben erwähnten Versuchen ist immer etwas mehr als 75 Proc. zurückgeblieben. Aber es war auch, wie schon oben bemerkt, nicht alles ölbildende Gas zersetzt; auch hatte sich ein, wenn auch nur geringer, Theil des Theers wieder in Kohle und Wasserstoff zersetzt.

Nur das ölbildende Gas liefert einen Theer. Das Sumpfgas bleibt hingegen selbst bei der Temperatur unverändert, bei welcher das aller schwerschmelzbarste böhmische Glas weich wird. In der Weifsglühhitze zerfällt es jedoch in Kohlenstoff und Wasserstoff.

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Zersetzung des ölbildenden Gases in der Weise stattfindet, dafs dasselbe in der Rothglühhitze sich in Theer und in Sumpfgas zerlegt, und dafs diese beide, sowohl der Theer als das Sumpfgas, in der Weifsglühhitze sich wieder in Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegen.

Man kann deshalb das Sumpfgas gleichsam als ein Zersetzungsproduct des ölbildenden Gases betrachten. Aber das ölbildende Gas wird selbst immer durch eine Zersetzung erhalten, und ist daher auch als ein Zersetzungsproduct anzusehen. Dafs aber dieser Körper, der in seiner chemischen Zusammensetzung wie in seinen physikalischen Eigenschaften soweit von den organischen theergebenden Substanzen entfernt ist, einen Theer lieferte, war für mich sehr überraschend.

Es mag auffallend erscheinen, dafs die Entstehung des Theers aus dem ölbildenden Gase nicht schon früher beobachtet worden ist, um so mehr als unter den vielen Personen, welche dasselbe einer hohen Temperatur ausgesetzt haben, mehrere einen empyreumatischen Geruch bemerkten. Schon die Holländischen Physiker [1]) erwähnen denselben, und Berthollet bestätigte diese Angabe [2]). Auch G. Bischoff [3]) bemerkte, als er das Gas aus einer Steinkohlengrube durch eine glühende Porcellanröhre leitete, einen empyreumatischen Geruch, von dem er sagt, dafs er ähnlich dem von Terpentin gewesen. Ebenso beobachtete er weifse Dämpfe, welche concentrirte Schwefelsäure braun färbten, auch fand er sogar einzelne Tropfen von einem grünlichen zähen Oele. Aber er hat den Gegenstand nicht weiter verfolgt. Marchand dagegen konnte, da er die Producte der Zersetzung sogleich über Kupferoxyd leitete, und als Kohlensäure und Wasser bestimmte, die Bildung von Theer nicht wahrnehmen.

Zwar sollte man voraussetzen, dafs bei der ausgedehnten Anwendung dieses Gases die Erzeugung von Theer aus demselben hätte öfter beobachtet werden müssen. Indefs liegt der Grund, wefshalb diefs nicht geschehen, theils darin, dafs der Theer nur in der Rothglühhitze entsteht, in höherer Temperatur aber das Gas nur Kohle und Wasserstoff liefert; theils darin, dafs das Steinkohlengas selbst

1) *Journal de Physique Tome XLV, p.* 251.
2) *Mémoires de l'Institut Tome IV, p* 299.
3) *Edinburgh New. Philos. Journal by Jameson XXIX,* 325.

immer Theerdämpfe beigemischt enthält, so dafs man, wenn neuer Theer sich in der Rothglühhitze aus demselben bildet, ihn nicht beobachten kann.

Das Entstehen von Theer aus ölbildendem Gase zeigt, dafs diefs sich viel mehr als das Sumpfgas den organischen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Verbindungen, namentlich denen, welche in höherer Temperatur empyreumatische Oele oder Theere bilden, anreiht. Die leichtere Zersetzbarkeit dieses Gases ist auch der Grund, weshalb es leichter Verbindungen mit anderen Körpern, wie Chlor und wasserfreie Schwefelsäure, eingeht, als das Sumpfgas.

In Bezug auf die Fabrikation des Steinkohlengases führen die Versuche zu dem Schlusse, dafs der Theer, welcher stets als Begleiter dieses Gases auftritt, sich auf zwei verschiedene Weisen bildet. Theils nämlich durch Zersetzung des bereits erzeugten ölbildenden Gases, theils gleichzeitig mit diesem unmittelbar aus der Substanz der Kohle. Denn, auch wenn die Kohle nicht geeignet wäre ölbildendes Gas zu bilden, so würde sie doch, ebenso wie die meisten vegetabilischen Stoffe, wie Holz, Cellulose, Torf, Zucker, Weinsäure und viele andere, einen Theer oder empyreumatische Oele bilden. Dieser letztere Antheil ist, da die Steinkohlen Stickstoff enthalten, auch Stickstoff haltend, und liefert die in neuster Zeit so wichtig gewordenen Verbindungen, Anilin, Leucolin etc. Der aus der Zersetzung des ölbildenden Gases entstandene ist frei von Stickstoff, und liefert vorzugsweise Naphthalin.

II. *Chemisch-krystallographische Untersuchungen; von C. Rammelsberg.*

Jodsäure.

Die Jodsäure soll nach Serullas in sechsseitigen Tafeln, anscheinend Octaëdersegmenten, krystallisiren.

Zersetzt man jodsauren Baryt durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure, und dampft das Filtrat ein, so erhält man unter günstigen Umständen ziemlich grofse Krystalle von Jodsäurehydrat. Dieselben gehören dem *zweigliedrigen* System an, und lassen sich aus einem Rhombenoctaëder als Grundform ableiten, dessen Seitenkanten durch das verticale rhombische Prisma p (erstes zugehöriges Paar), und dessen schärfere Endkanten auch das horizontale rhombische Prisma q (zweites Paar) abgestumpft werden. An diesem Hauptoctaëder $0 = a:b:c$, welches jedoch an den Krystallen nicht beobachtet wurde, beträgt die Neigung der Flächen

in den schärferen Endkanten		$= 75° \ 10'$
» stumpferen	»	$= 124 \ 20$
» Seitenkanten		$= 133 \ 48$

Das Axenverhältnifs ist

$$a:b:c = 0{,}58905 : 1 : 1{,}1903$$

Die Krystalle sind Combinationen des ersten und zweiten Paares, des zweifach stumpferen und zweifach schärferen von letzterem, und der Endfläche (s. Taf. I. Fig. 1).

$$p = a:b:\infty c \qquad q^2 = b:2c:\infty a$$
$$q = b:c:\infty a \qquad c = c:\infty a:\infty b$$
$$\frac{q}{2} = b:\tfrac{1}{2}c:\infty a.$$

Die wichtigsten Kantenwinkel sind:

	Berechnet.	Beobachtet.
$p:p$ an $a =$		$*119° \ 0'$ [1])
» $a =$	$61° \ 0'$	

1) Die mit einem Stern bezeichneten Werthe sind hier, wie immer, als Basis der Berechnung benutzt.

	Berechnet.	Beobachtet.
$q : q$ an $c =$	80° 4′	
» $b =$	99 56	99° 53′
$q : c \quad =$		*130 2
$\frac{q}{2} : \frac{q}{2}$ an $c =$	118 28	
» $b =$	61 32	
$\frac{q}{2} : c \quad =$	149 14	149 16
$q : \frac{q}{2} \quad =$	160 48	
$q^2 : q^2$ an $c =$	45 34	
» $b =$	134 26	
$q^2 : c \quad =$	112 47	112 approxim.
$q : q^2 \quad =$	162 45	
$\frac{q}{2} : q^2 \quad =$	143 33	
$q : p \quad =$	112 52	
$p : c \quad =$	90 0	90

Fast immer sind die Krystalle tafelartig durch Ausdehnung von *c*, und in der Richtung der Axe *a* verlängert. Die Flächen $\frac{q}{2}$ und *q* bilden schmale Abstumpfungen der Kanten des aus *c* und *q* bestehenden sechsseitigen Prisma's, an welchem *p* eine Zuschärfung bildet. Die Endfläche ist gestreift parallel den Combinationskanten mit $\frac{q}{2}$; die übrigen Flächen sind glatt. Die Krystalle sind durchsichtig und glasglänzend. Sie sind deutlich spaltbar nach *c*, wenig nach *p*.

Jodsaures Natron
$\dot{N}a\,\dddot{J} + 10\dot{H}$.

Ich habe schon vor längerer Zeit bewiesen [1]), dafs das jodsaure Natron zwei Hydrate bildet, mit zwei und mit zehn At. Wasser, von denen das erstere bei mittlerer Lufttemperatur, das letztere bei 5° und darunter entsteht. Die Krystalle von jenem sind sehr kleine seidenglänzende

1) Diese Ann. Bd. 44, S. 548.

Prismen, zur Messung nicht geeignet; das Salz mit 10 At. Wasser bildet gröfsere durchsichtige Krystalle, in welche sich erstere verwandeln, wenn man dieselben sammt der Mutterlauge einer hinreichend niedrigen Temperatur aussetzt.

Die nähere Untersuchung und Messung wird dadurch sehr schwierig, dafs diese Krystalle bei gewöhnlicher Temperatur sehr schnell weifs werden und zerfallen, weshalb die nachfolgenden Zahlen nicht ganz genau sind.

Sie gehören zum *zweigliedrigen* System, und erscheinen als rhombische (fast quadratische) Prismen p, deren beiderlei Seitenkanten durch die Hexaïdflächen a und b gerade abgestumpft sind. In der Endigung herrscht ein Rhombenoctaëder o, eine vierflächige Zuspitzung bildend, dessen schärfere Endkanten durch die Flächen q, gleichwie die Seitenkanten durch p abgestumpft werden. Taf. I. Fig. 2, 3, 4.

Wird das Octaëder $o = a : b : c$ gesetzt, so ist

$p = a : b : \infty c$ $\quad$ $a = a : \infty b : \infty c$

$q = b : c : \infty a$ $\quad$ $b = b : \infty a : \infty c$

An o ist die Neigung der Flächen in den

schärferen Endkanten	($o : o$ über q) =	119° 56'
stumpferen	» =	123 0
Seitenkanten	($o : o$ über p) =	87 30

und das Axenverhältnifs

$$a : b : c = 0{,}9531 : 1 : 0{,}6607.$$

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an a =	92° 45'	
» b =		* 87° 15'
$p : a$ =	136 22	136 40
$p : b$ =	133 38	133 28
$q : q$ an c =	113 6	113 25
» b =	66 54	
$q : b$ =	123 27	
$o : p$ =		* 133 45
$o : q$ =	149 58	
$o : a$ =	120 2	
$o : b$ =	118 30	
$p : q$ =	112 21	

Die Krystalle sind stets prismatisch in der Richtung der Axe *c*, durch Vorherrschen von *p*. Die Flächen *a* und *b* dehnen sich zuweilen stärker aus (Fig. 3, Taf. I). Die Octaëderflächen sind aber fast immer von sehr ungleicher Ausdehnung, indem die beiden vorderen kleiner oder gröfser sind als die beiden hinteren, oder zwei jenseits der Axe *c* gegenüberliegende fast bis zum Verschwinden der beiden anderen wachsen (Fig. 4, Taf. I.). Zuweilen ist selbst nur *eine* Octaëderfläche herrschend.

Chlorsaures Natron

$\dot{N}a\ddot{\ddot{C}}l$.

Die Krystalle dieses Salzes gehören bekanntlich der *hemiëdrischen* Abtheilung des *regulären* Systems an. Mitscherlich beobachtete die Flächen des Tetraëders, des Gegentetraëders, des Würfels und Granatoëders [1]).

Ich habe das Salz in folgenden Formen erhalten:

1) Würfel, ohne alle anderen Flächen.

2) Combinationen des Würfels mit dem Tetraëder und einer schiefen Abstumpfung der Würfelkanten von abwechselnder Neigung gegen die Würfelflächen. Die Messung ergab die Neigung dieser neuen Fläche gegen jene = 116° 20′ und 153° 20′, woraus hervorgeht, dafs es das gewöhnliche Pentagondodecaëder (Pyritoëder) $2a : a : \infty a$ ist, dessen Flächen gegen die Würfelflächen unter 116° 34′ und 153° 26′ geneigt sind.

3) Die vorige Combination, die Würfelkanten jedoch *ungleich* zugeschärft, so dafs die eine Zuschärfungsfläche mit der Würfelfläche einen Winkel von 135° bildet, und daher dem Granatoëder angehört.

Die Beobachtung des Pentagondodecaëders an einer künstlichen Verbindung ist zwar an sich nicht neu, aber deswegen besonders interessant, weil diese Form hier in Combination mit dem Tetraëder vorkommt, während man bisher noch niemals eine geneigtflächige (tetraëdrische) und

1) Diese Ann. Bd. 14, S. 388.

eine parallelflächige (pyritoëdrische) Form zusammen gefunden hat [1]).

Chlorsaurer Baryt

$\dot{B}a\,\dddot{C}l + \dot{H}$.

Wächter [2]) beschrieb zuerst die Krystalle dieses Salzes als zweigliedrig. Nach **Kopp** dagegen sind sie zwei- und eingliedrig [3]), und meine Untersuchungen haben diefs bestätigt.

Es sind ziemlich lange rhombische Prismen *p*, mit einer auf die stumpfe Seitenkante aufgesetzten Zuschärfung *q*, deren Kante deutlich schief läuft, und zuweilen durch eine schiefe Endfläche *c* abgestumpft wird. An der Seite des stumpfen Winkels erscheint dann noch eine schiefe Endfläche *r*, welche die Form eines Rhombus oder Rhomboïds hat. Fig. 5, Taf. I.

Die Flächen *p*, *q* und *r* sind offenbar Dodecaïdflächen für ein zwei- und eingliedriges Octaëder und *c* ist eine Hexaïdfläche desselben. Die Zeichen seyen:

$$p = a : b : \infty c$$
$$q = b : c : \infty a$$
$$r = a : c : \infty b$$
$$c = c : \infty a : \infty b.$$

An dem als Grundform angenommenen und in zwei Augitpaare $a : b : c$ und $a' : b : c$ zerfallenden Octaëder ist die Neigung der Flächen in den Kanten

$$ac = 103^\circ\ 10' \qquad bc = 112^\circ\ 5'$$
$$a'c = 98\ \ 16 \qquad ab = 115\ \ 54.$$

Das Axenverhältnifs ist

$$a : b : c = 1{,}1446 : 1 : 1{,}2048,$$

und der Winkel, welchen die Axen *a* und *c* bilden, $= 85^\circ\ 0'$.

$p : p$

1) Vgl. G. Rose Elemente der Krystallographie S. 49.
2) Journ. für prakt. Chem. 30, 323.
3) Einleitung in die Krystallographie S. 304.

	Berechnet.	Beobachtet. R.	Kopp.	Wächter.
$p:p$ an $a=$	82° 30′			
» $b=$		*97° 30′	97° 0′	97° 39′
$q:q$ an $c=$		*79 36	79 10	79 36
» $b=$	100 24			
$q:c$	$=$ 129 48			
$r:c$	$=$ 136 9	136 15		
$r:\frac{p}{p}$	$=$ 138 51			
$c:\frac{p}{p}$	$=$ 95 0			
$c:p$	$=$	*93 18		
$p:r$	$=$ 119 46	119 33		
$q:r$	$=$ 117 30	117 54.		

Kopp giebt auch die Fläche $a:\infty b:\infty c$ als zuweilen vorkommend an.

Die Krystalle werden bei freiwilligem Verdampfen ihrer Auflösung ziemlich grofs. Sie sind farblos, durchsichtig und haben lebhaften Glasglanz. Die Flächen p sind nicht selten etwas gekrümmt, von q ist die eine oft herrschend, c immer nur schmal.

Bromsaurer Baryt.

$Ba\dddot{Br}+\dot{H}$.

Vollkommen isomorph mit dem vorhergehenden, auch von derselben Flächenausbildung.

Ich fand an den sehr kleinen Krystallen annähernd

$$p:p=97°\ 40'$$
$$q:q=78\ \ 30.$$

Auch die Fläche $a=a:\infty b:\infty c$ war immer deutlich, so wie auch ein vorderes Augitpaar, vielleicht $a:\frac{1}{2}b:c$ als schmale Abstumpfung der Kanten von p und q vorkommt.

Bromsaurer Strontian

$\dot{Sr}\,\overset{\therefore}{Br} + \dot{H}$.

Ich habe diefs Salz schon früher beschrieben [1]), und auch einige Bemerkungen über seine Form gemacht. Eine nähere Untersuchung hat gezeigt, dafs es gleichfalls mit dem chlorsauren Baryt isomorph ist.

Die Krystalle sind Combinationen des rhombischen Prismas *p*, den Abstumpfungen der beiderlei Seitenkanten *a* und *b*, einer auf die stumpfen aufgesetzten Zuschärfung *q*, der Endfläche *c*, welche nur wenig von einer geraden abweicht, und der vorderen schiefen Endfläche *r* (Fig. 6).

$p = a : b : \infty c$ $\quad a = a : \infty b : \infty c$
$q = b : c : \infty a$ $\quad b = b : \infty a : \infty c$
$r = a : c : \infty b$ $\quad c = c : \infty a : \infty b$.

Das Axenverhältnifs ist:

$$a : b : c = 1{,}1642 : 1 : 1{,}2292,$$

und der Winkel der Axen *a* und *c* $= 89°$.

Die hauptsächlichsten Kantenwinkel sind:

	Berechnet.	Beobachtet.
$p:p$ an a =	81° 20'	
» b =		*98° 40'
$p:a$ =	130 40	130 30
$p:b$ =	139 20	
$q:q$ an c =		*78 15
» b =	101 45	
$q:c$ =	129 8	
$q:b$ =	140 52	
$a:c$ =		*91 0
$a:r$ =	137 2	
$r:c$ =	133 58	
$p:c$ =	90 39.	

Die Krystalle sind prismatisch durch Vorherrschen von *p*; die Flächen *q* und *r* treten zurück; *a* und *q* haben den stärksten Glanz. Bei der geringen Neigung der Endfläche *c* lassen sie sich leicht für zweigliedrig halten.

1) Diese Ann. Bd. 52, S. 87.

Jodzink-Ammoniak
$ZnJ + 2NH^3$

Die Darstellung und das Verhalten dieser Verbindung habe ich früher beschrieben [1]).

Die Krystalle gehören dem *zweigliedrigen* System an, und sind platte rechtwinklich vierseitige Prismen, mit einer auf die breiten Flächen *b* gerade aufgesetzten Zuschärfung *q*, von der eine Fläche die andere an Ausdehnung sehr übertrifft. Andere Krystalle zeigen aufserdem noch, wie wohl sehr untergeordnet, die Flächen eines Rhombenoctaëders *o*, dessen schärfere Endkanten durch *q* abgestumpft werden. Setzt man

$$o = a : b : c$$
$$a = a : \infty b : \infty c$$
$$b = b : \infty a : \infty c$$
$$q = b : c : \infty a,$$

so ist das Axenverhältnifs

$$a : b : c = 0{,}7922 : 1 : 0{,}5754,$$

und es beträgt an *o* die Neigung in den

schärferen Endkanten	115°	44′
stumpferen	„	130	2
Seitenkanten	85	38.

Die wichtigsten Kantenwinkel sind:

	Berechnet.	Beobachtet.
$a:b$	= 90° 0′	90°
$a:q$	= 90 0	90
$b:q$	=	*119 55′
$q:q$ an c	= 120 10	
„ b	= 59 50	
$o:q$	=	*147 52
$o:a$	= 122 8	
$o:b$	= 115 0	

Die rechtwinkligen Prismen sind meist sehr in die Länge gezogen, die Octaëderflächen sind nicht immer vollzählig vorhanden, und gewöhnlich ist eine derselben vorherrschend. Die Flächen *b* zeigen Perlmutterglanz, die übrigen Glas-

1) Diese Ann. Bd. 48, S. 152.

glanz; auf *a* bemerkt man stets Höhlungen, welche oft tief in den Krystall eindringen.

Borsaures Ammoniak.

Ueber die Verbindungen der Borsäure mit Ammoniak besitzen wir Angaben von Berzelius, Arfvedson, L. Gmelin, Soubeiran und Laurent, und dennoch steht weder die Zusammensetzung noch die Krystallform der einzelnen Sättigungsstufen fest.

Die am meisten basische Verbindung würde das Salz seyn, welches Berzelius [1]) dargestellt und worin er gefunden hat:

Borsäure	37,93
Ammoniak	30,31
Wasser	31,73
	99,97.

Die Atg. der Bestandtheile stehen hier in dem Verhältnifs von 1 : 1,64 : 3,25 oder von 12 : 20 : 39. Wollte man dafür 10 : 20 : 40 = 1 : 2 : 4 als das nächste einfache Verhältnifs setzen, so wäre das Salz ein *zweifach basisches*, oder $\dot{A}m^{2}\,\dddot{B} + \dot{H}$, welches aus 33,27 Borsäure, 32,41 Ammoniak und 34,32 Wasser bestehen müfste [2]). Allein Berzelius selbst hat diefs Salz nur ein Mal erhalten, kein Anderer hat es später beobachtet, und Berzelius ist geneigt, einen bei der Analyse begangenen Irrthum vorauszusetzen.

Einfach borsaures Ammoniak, $NH^{3} + \dddot{B}$ oder $\dot{A}m\,\dddot{B}$, ist gleichfalls eine unbekannte Verbindung.

Vierdrittel borsaures Ammoniak. Eine solche Verbindung hat Arfvedson untersucht. Berzelius führt nur an, dafs sie durch Auflösen des folgenden Salzes in concentrirtem Ammoniak in der Wärme sich bilde und krystallisire, allein eine Beschreibung der Eigenschaften fehlt ganz. Arfvedson fand darin:

1) *Afhandlinger i Fysik V.* 444. Diese Ann. Bd. 2, S. 126.

2) Bei den Rechnungen habe ich stets $NH^{3} = 212{,}5$, Borsäure $= 436{,}2$, Wasser $= 112{,}5$ genommen.

Borsäure	55,95	4 At.	= 57,07
Ammoniak	21,55	3 „	= 20,85
Wasser	22,50	6 „	= 22,08
	100.		100.

Demnach wäre es $(3NH^3 + 4\ddot{B}) + 6\dot{H}$ oder $Am^3 \ddot{B}^4 + 3\dot{H}$. Auf 100 Th. *krystallisirter* Borsäure, $H^3 \ddot{B}$, kommen hier 20,6 Ammoniak, und da Arfvedson gefunden hat, dafs jene 21 Th. trocknes Ammoniakglas absorbiren, so scheint auch auf diesem Wege eine solche Verbindung zu entstehen, wiewohl Berzelius bemerkt, dafs auch dieses Salz von Arfvedson nur einmal dargestellt wurde, und später nicht wieder erhalten werden konnte. Auch hat es Niemand weiter beschrieben.

Zweifach borsaures Ammoniak. Diefs ist das erste Salz, dessen Existenz unbestritten ist. Man erhält es, wenn man Borsäure in warmem und concentrirtem Ammoniak auflöst, und die Lösung in einem verschlossenen Gefäfse erkalten läfst. Die Krystalle sind selten klar und durchsichtig, gewöhnlich trübe; sie riechen stark nach Ammoniak, und werden an der Luft sehr schnell weifs, matt und undurchsichtig, indem sie durch Verlust von Ammoniak in ein saures Salz übergehen.

Arfvedson hat diefs Salz nicht, wenigstens nicht im reinen Zustande, untersucht. L. Gmelin [1]), Soubeiran [2]) und Laurent [3]) haben es analysirt. Ich füge diesen Analysen eine von d'Heureuse hinzu, welche vor mehreren Jahren in meinem Laboratorio angestellt ist, und eine neuere, welche ich mit den sogleich zu beschreibenden Krystallen angestellt habe. Dabei wurde die Borsäure durch Glühen des Salzes, das Ammoniak durch Eindampfen seiner mit Chlorwasserstoffsäure versetzten Auflösung mit Platinchlorid und Glühen des Ammoniumplatinchlorids bestimmt.

1) Handbuch, IV. Aufl. I, 817.
2) Journ. d. Pharm. XI. 34.
3) *Compt. rend. par Laurent et Gerhardt.* 1850. 33. — Ann. d. Chem. u. Pharm. 76, 257.

	L. Gmelin.	Soubeiran.	Laurent.	d'Heureuse.	R.
Borsäure	51,0	50,00	52,0	49,20	51,96
Ammoniak	12,5	13,51	12,6	12,65	12,72
Wasser	36,5	36,46	35,4		
	100.	100.	100.		

Danach besteht die Verbindung aus 1 At. Ammoniak, 2 At. Borsäure und 5 At. Wasser, indem eine solche enthalten würde:

Borsäure	52,96
Ammoniak	12,90
Wasser	34,14
	100.

Man kann sie bezeichnen als $\dot{A}m\dddot{B}^2+4\dot{H}$ oder als $(\dot{A}m\dddot{B}+\dot{H}\dddot{B})+3\dot{H}$, oder als $(\dot{A}m\dddot{B}+\dot{H}^3\dddot{B})+\dot{H}$.

L. Gmelin sagt, diefs Salz krystallisire in Rhombenoctaëdern, mit Abstumpfung der Endecken und oft auch der Kanten. Nach Laurent krystallisirt es im quadratischen (viergliedrigen) System. Diefs letztere ist richtig, wie meine Beobachtungen gezeigt haben, mit welchen auch die von Miller[1]) übereinstimmen, obgleich eben nur die Krystallform beweist, dafs Miller's Salz das in Rede stehende seyn mufs.

Die Krystalle gestatten wegen ihrer leichten Veränderlichkeit keine genaue Messungen. Sie bilden Combinationen eines Quadratoctaëders *o* (Hauptoctaëder), des ersten quadratischen Prismas *p*, des zweiten *q*, des ersteren stumpferen Octaëders *d* und der Endfläche *c*. (Fig. 7. Taf. I) Es ist folglich

$$o = a : a : c \qquad q = a : \infty a : \infty c$$
$$d = a : \infty a : c \qquad c = c : \infty a : \infty a$$
$$p = a : a : \infty c.$$

Das Axenverhältnifs ist

$$a : c = 1 : 0{,}8283 = 1{,}2073 : 1,$$

und an dem Hauptoctaëder *o* beträgt die Neigung der Flächen in den

1) *Transact. of the phil. soc. of Cambridge*, *III*. 365. Diese Ann. 23, 557.

Endkanten	*114° 55′	(115° 13′ Miller)	
Seitenkanten	99 2		
$o:c$	= 130° 29′	$d:c$ = 140° 22′	
$o:p$	= 139 31	$d:o$ = 147 28	
$o:q$	= 122 32	$d:q$ = 129 38	
$d:d$ über c	= 100 44		

Aufserdem habe ich noch ein vier- und vierkantiges Prisma $a : \frac{1}{n} a : \infty c$ als Abstumpfung zwischen p und q beobachtet, ohne jedoch es genauer bestimmen zu können.

Da die Krystalle gewöhnlich mit q aufgewachsen sind, so kann man sie leicht für Rhombenoctaëder halten, wie diefs oft geschehen ist.

Arfvedson untersuchte ein borsaures Ammoniak, in welchem er fand:

Borsäure	63,34
Ammoniak	12,88
Wasser	23,78
	100.

L. Gmelin stellt es zum vorigen, obgleich es 10 Proc. mehr Borsäure enthält. Von seinen Eigenschaften ist nichts bekannt. Die Analyse liefert das Atomenverhältnifs von 2,4 : 1 : 3,5. Wäre es = 5 : 2 : 7, so würde es der Formel $(NH^3\dddot{B}^2 + NH^3\dddot{B}^3) + 7\dot{H}$ oder $(\dot{A}m\dddot{B}^2 + \dot{A}m\dddot{B}^3) + 5\dot{H}$ entsprechen, und müfste dann enthalten: Borsäure 64,27, Ammoniak 12,53, Wasser 23,20. Laurent hat angeblich einmal ein borsaures Ammoniak in regulären Octaëdern krystallisirt erhalten, welches 62,3 Proc. Borsäure enthielt, und das vielleicht mit dem von Arfvedson identisch ist[1]).

Vierfach borsaures Ammoniak. Diese Sättigungsstufe bildet sich immer, wenn man eine Auflösung von zweifach borsaurem Ammoniak in der Wärme abdampft, oder Borsäure in Ammoniak auflöst, und das Ganze kocht, bis es nicht mehr nach Ammoniak riecht.

1) In dem Bericht über Laurents Versuche (Annalen der Chem. und Pharm. 75, 261) wird gesagt, Arfvedson's Salz bei $NH^3\dddot{B}^2 + 5\dot{H}$, was indessen nach dem oben Angegebenen durchaus unrichtig ist.

Die Resultate der vorhandenen Analysen dieses beständigsten aller Ammoniakborate sind:

	L. Gmelin.	Arfvedson.	Laurent.	d'Heureuse.	R.
Borsäure	63,4	61,0	63	61,00	62,7
Ammoniak	5,9	7,9	6	5,57	
Wasser	30,7	28,1	31	33,43	
	100.	100.	100.	100.	

Das Salz besteht aus 1 At. Ammoniak, 4 At. Borsäure und 8 At. Wasser, und mufs demgemäfs enthalten:

Borsäure	61,07
Ammoniak	7,43
Wasser	31,50
	100.

Es kann durch $NH^3\dddot{B}^4+8\dot{H}$ oder $\dot{A}m\dddot{B}^4+7\dot{H}$ oder $(\dot{A}m\dddot{B}+3\dot{H}\dddot{B})+4\dot{H}$ bezeichnet werden.

Die Krystalle gehören nach meinen Beobachtungen dem *zweigliedrigen* Systeme an. Es sind Combinationen eines rhombischen Prisma *p*, der Abstumpfung der scharfen Seitenkanten *b*, eines Rhombenoctaëders ^2o und eines dritten Paars *r*, welches auf die stumpfen Seitenkanten von *p* gerade aufgesetzt ist. Fig. 8, Taf. I. Geht man bei der Berechnung von einem Hauptoctaëder *o* aus, dessen Seitenkanten durch *p*, und dessen stumpfere Endkanten durch *r* abgestumpft werden, so ist:

$$p = a : b : \infty c \qquad b = b : \infty a : \infty c$$
$$r = a : c : \infty b \qquad {}^2o = 2a : b : c.$$

Das Axenverhältnifs ist

$$a : b : c = 0{,}6289 : 1 : 0{,}7522.$$

Die Neigung der Flächen ist dann:

		an *o*.	^2o.
in den Endkanten	*bc*	92° 36′	128° 54′
» »	*ac*	128 30	114 18 (114° 15′ Laurent)
» Seitenkanten		109 26	87 42



	Berechnet.	Beobachtet.	Laurent.
$p:p$ an a	= 115° 40′	115° 44′	115° 15′
» b	=	*64 20	
$p:b$	= 122 10	122 24	
$r:r$ an c	= 79 48		
» a	= 100 12		
$p:r$	=	*130 30	
$^2o:b$	= 122 51	122 48	

Die Flächen p und r sind glänzend, b weniger, die Octaëderflächen fast immer etwas convex. Die Krystalle sind farblos und durchsichtig, luftbeständig, und riechen nicht nach Ammoniak.

Laurent beschreibt die Krystalle *zwei- und eingliedrig*, indem er $p = a : b : c$ und $^2o = a' : b : c$ zu einem zwei- und eingliedrigen Octaëder combinirt; er giebt aufserdem die Flächen $a : \infty b : \infty c$ und $b : \infty a : \infty c$ an.

Es ist sehr schwer, bei der oben bemerkten Beschaffenheit der Flächen ^2o, deren Neigung unter sich und gegen p genau zu messen. Der Habitus der Krystalle ist entschieden zweigliedrig, und das aus p und b bestehende Prisma immer vorherrschend. Auch sind sie immer mit den unteren Flächen ^2o aufgewachsen.

Einer Analyse Soubeiran's zufolge scheint das vierfach saure Salz auch mit 10 At. Wasser vorzukommen:

		Berechnet.	
Borsäure	55,80	4 At.	= 56,61
Ammoniak	7,24	1 »	= 6,90
Wasser	36,96	10 »	= 36,49
	100.		100.

Essigsaurer Baryt

$\dot{Ba}\bar{A} + 3\dot{H}$.

Aus einer nicht zu concentrirten Auflösung erhält man bei niederer Temperatur grofse durchsichtige Krystalle dieses Hydrats, welche an der Luft schnell verwittern.

Es sind rhombische Prismen, gebildet aus den Flächen

a und *c*, deren scharfe Seitenkanten durch die schmalen Flächen *r'* schief abgestumpft werden. In der Endigung herrscht eine auf *a* gerade aufgesetzte stumpfe Zuschärfung *p*, und eine zweite auf *r'* aufgesetzte *o'*. Fig. 9ᵃ u. 9ᵇ Taf. I.

Demnach sind die Krystalle *zwei- und eingliedrig*, und nach Art des Epidots und vieler anderer in der Richtung der Axe *b* verlängert, so daſs die Flächen der Verticalzone sich zu Prismenflächen ausgedehnt haben. Wir bezeichnen:

$o' = a' : b : c \qquad p = a : b : \infty c \qquad a = a : \infty b : \infty c$

$r' = a' : c : \infty b \qquad c = c : \infty a : \infty b.$

An kleinen Krystallen fehlt *o'*, und von den beiden *p* des einen Endes tritt oft das eine fast bis zum Verschwinden zurück.

Bernhardi [1]) und Brooke [2]) haben schon früher diese Krystalle gemessen, ich habe besonders mit Rücksicht auf den Bleizucker die Messungen an sehr guten Exemplaren wiederholt.

Aus den weiterhin folgenden Daten ergiebt sich das Axenverhältniſs

$$a : b : c = 2{,}1362 : 1 : 1{,}2222,$$

und der Neigungswinkel der Axen *a* und $c = 66^\circ\ 33'$.

Demnach ist an dem aus *o'* und einem entsprechenden vorderen Augitpaar $o = a : b : c$ bestehenden zwei- und eingliedrigen Hauptoctaëder die Neigung der Flächen in den Kanten

$a\,c = 99^\circ\ 58' \qquad b\,c = 139^\circ\ 21'$

$a'c = 79\ \ 34 \qquad a\,b = 103\ \ 18.$

Die wichtigsten Kantenwinkel sind:

	Berechnet.	Beobachtet. R.	Brooke.	Bernhardi.
$p : p$ an $a =$	54° 4'			
» $b =$		*125° 56'	126° 8'	126° 52'
$p : a =$	117 2	117 0		
$a : c =$		*113 27		
$a : r' =$		*100 45	100 30 .	

1) Schweigg. Journ. 4, 35.
2) *Ann. of Philos* XXIII 365

	Berechnet.	Beobachtet. R.	Brooke.
$c : r'$	= 145 48	*145 52	146 18
$p : c$	= 100 25	100 22	
$p : r'$	= 91 52		
$o' : r'$	= 129 47		
$o' : a$	= 96 51	97 0	
$o' : c$	= 121 57	122 1	
$o' : p$	= 137 38	137 37	

Aus einer Angabe bei Bernhardi ergiebt sich, dafs zuweilen auch $\frac{p}{3} = a : 3b : \infty c$ als Abstumpfung der Kante *ap* vorkommt.

	Berechnet.	Beobachtet.
$\frac{p}{3} : \frac{p}{3}$ an a	= 113° 46′	
» b	= 66 14	
$\frac{p}{3} : a$	= 146 53	146° 18′
$p : \frac{p}{3}$	= 150 9.	

Die Flächen *p* und *r'* haben starken Glanz, weniger *c*, am wenigstens *a* und *o'*. Die Krystalle sind spaltbar nach *c*, weniger nach *a*.

Essigsaures Zinkoxyd.

$\dot{Z}n \bar{A} + 3\dot{H}$.

Die Krystalle dieses Salzes gehören gleichfalls zum *zwei- und eingliedrigen* System, und sind den vorhergehenden darin gleich, dafs die Flächen der Verticalzone *a*, *c*, $^2r'$ sich zu einem Prisma ausgedehnt haben. Fig. 9. Taf. I.

Wir bezeichnen:

$o' = a' : b : c$ $\quad p = a : b : \infty c$ $\quad a = a : \infty b : \infty c$
$\frac{1}{3}o' = \frac{1}{3}a' : b : c$ $\quad ^2r' = \frac{1}{2}a' : c : \infty b$ $\quad c = c : \infty a : \infty b.$

Mit den Messungen von Brooke, welcher dieselben Flächen, mit Ausnahme von $\frac{1}{3}o'$, schon früher beobachtet hat, stimmen die meinigen nahe überein. Legt man jene zum Grunde, so erhält man

$a : b : c = 2{,}0683 : 1 : 1{,}8136$,

und die Neigung der Axen a und $c = 46^\circ\ 28'$.

An dem zwei- und eingliedrigen Hauptoctaëder ist dann die Neigung der Flächen in den Kanten

$ac = 104^\circ\ 54'$ $bc = 126^\circ\ 18'$
$a'c = 58\ 46$ $ab = 118\ 2.$

	Berechnet.	Beobachtet. Brooke.	R.
$p : p$ an a	=	*67° 24'	
» b	= 112° 36'		
$p : a$	= 123 42		
$a : c$	= 133 32		133° 33'
$p : c$	=	*112 28	112 27
$c : {}^2r'$	=	*80 0	80 15
$a : {}^2r'$	= 146 28		
$p : {}^2r'$	= 117 33		
$o' : c$	= 104 34		104 20
$o' : p$	= 142 58		142 54
$\frac{1}{3}o' : \frac{1}{3}o'$ in $a'c$	= 115 22		
über o' u. p	= 64 38		
$\frac{1}{3}o' : c$	= 109 38		

Sehr häufig sind Zwillinge. Zwillings- und Aneinanderwachsungsebene ist c. Der einspringende Winkel, den die Flächen ${}^2r'$ bilden, ist $= 160^\circ$ (gefunden $= 159^\circ\ 40'$). Der ausspringende, in welchem je zwei Flächen o' an einander stofsen, ist $= 150^\circ\ 52'$ (gef. $= 150^\circ\ 41'$). Fig. 9ᵈ Taf. I.

Essigsaures Bleioxyd.

$\dot{P}b\,\bar{A} + 3\dot{H}$.

Sehr gut ausgebildete Krystalle von Bleizucker setzten mich in den Stand, die älteren Messungen von Brooke [1]) zu wiederholen, und so zu vervollständigen, dafs eine Berechnung der Formen möglich ist, was bisher aus Mangel an Flächen nicht geschehen konnte.

Der Bleizucker erscheint gewöhnlich in ziemlich langen rhombischen Prismen, gebildet von den Flächen a und c.

1) *Ann. of Phil. XXII.* 374.

Zuweilen beobachtet man eine Abstumpfung der scharfen Seitenkanten durch die Flächen r'. Aufserdem findet sich eine Zuschärfung p, gerade aufgesetzt auf die Flächen a. Die Fläche r' ist aber ungleich geneigt gegen a und c, so dafs man, um die Krystalle auf das zwei- und eingliedrige System zu beziehen, die Flächen a, c und r' als der Verticalzone gehörig betrachten mufs (Fig. 9). Setzt man:

$$p = a : b : \infty c$$
$$a = a : \infty b : \infty c$$
$$c = c : \infty a : \infty b$$
$$r' = a' : c : \infty b,$$

so ist das Axenverhältnifs

$$a : b : c = 2{,}1791 : 1 : 2{,}4790,$$

und der Winkel, unter welchem sich die Axen a und c schneiden, $= 70°\ 12'$.

		Berechnet.	Beobachtet. R.	Brooke.
$p:p$	an $a =$	52° 0'		
	an $b =$		*128° 0'	128° 0'
$p:a$	=	116 0	116 25	116 0
$a:c$	=		*109 48	109 32
$a:r'$	=		*130 20	
$c:r'$	=	119 52		
$c:p$	=	98 33	98 15	98 30
$r':p$	=	106 25		

Der Bleizucker ist isomorph mit dem essigsauren Baryt, $\dot{B}a\bar{A} + 3\dot{H}$; doch ist die Axe c bei diesem $= \frac{3}{4}c$ des Bleisalzes, so dafs die Fläche r' des letzteren $= a' : \frac{4}{3}c : \infty b$ beim Barytsalze seyn würde.

Die von mir beobachteten Krystalle waren mit dem einen Ende der Axe b aufgewachsen. Sie sind spaltbar nach a und c.

Essigsaures Nickeloxyd

$\dot{N}i\bar{A} + 4\dot{H}$.

Diefs Salz gehört zu den schwerlöslichsten essigsauren Salzen, und bildet immer nur kleine Krystalle. Es erfor-

dert etwa 6 Th. Wasser von mittlerer Temperatur zur Auflösung. Um die Menge des Krystallwassers zu ermitteln, welche bisher noch unbekannt war, wurden 2,69 Grm. geglüht, die Kohle bei Luftzutritt verbrannt, und die Masse mit einigen Tropfen Salpetersäure behandelt. Es blieben 0,803 Nickeloxyd = 29,11 Proc. Die Berechnung nach der Formel $\dot{N}i\bar{A} + 4\dot{\dot{H}}$ giebt:

Essigsäure	40,94
Nickeloxyd	30,16
Wasser	28,90
	100.

Die durchsichtigen grünen ziemlich harten Krystalle gehören zum *zwei- und eingliedrigen* System. Es sind rhombische Prismen *p* mit einer vorherrschenden auf die scharfen Seitenkanten aufgesetzten Zuschärfung *o'* mit schieflaufender Kante, so dafs die Kanten $\frac{o'}{p}$ horizontal laufen; einer auf die stumpfen Kanten aufgesetzten Abstumpfung *c*, und einem Flächenpaar *q* aus der Diagonalzone von *c*, Taf. I. Fig. 10. 11.

Betrachtet man *o'* als ein augitartiges Paar der hinteren Seite, und zwar als die Hälfte des zwei- und eingliedrigen Hauptoctaëders, *c* als die basische Endfläche, so ist:

$$o' = a' : b : c$$
$$p = a : b : \infty c$$
$$q = b : c : \infty a$$
$$c = c : \infty a : \infty b.$$

Das Axenverhältnifs ist:

$$a : b : c = 0{,}7216 : 1 : 0{,}4143,$$

und an dem vollständigen Hauptoctaëder würde die Neigung der Flächen in den Kanten

$a\,c = 141°\ 30'$	$b\,c = 124°\ \ 9'$
$a'c = 139\ \ 36$*	$a\,b = \ \ 70\ \ 31.$

Der Neigungswinkel der Axen *a* und *c* ist = 86° 35'.

	Berechnet.	Beobachtet.
p : *p* an *a* =		*108° 28'
» *b* =	71° 32'	

	Berechnet.	Beobachtet.
$q:q$ an c	$= 135°\ 4'$	
» b	$= 41\ 56$	
$q:c$	$= 157\ 32$	
$p:c$	$= 92\ 56$	
$o':o'$	$=$	$*139°\ 36'$
$o':c$	$=$	$*143\ 50$
$o':p$	$= 123\ 25$	
$o':q$	$= 112\ 38$	

Die Flächen p sind meist vertical gestreift, oft gewölbt; o' und c sind stark glasglänzend; die Flächen q immer sehr klein.

Essigsaures Kobaltoxyd

$\dot{Co}\bar{A} + 4\dot{H}$.

Das essigsaure Kobaltoxyd krystallisirt schwieriger als das Nickelsalz, wiewohl es luftbeständig ist. Die Krystalle sind intensiv roth gefärbt, und geben eine eben solche Lösung.

2,027 Grm verloren bei 140° 0,609 = 30,04 Proc. Wasser nebst etwas Essigsäure; das Pulver des entwässerten Salzes ist violetblau. Mit Schwefelsäure erhitzt und im bedeckten Tiegel schwach geglüht, gaben sie 1,287 schwefelsaures Kobaltoxyd = 0,622136 Kobaltoxyd = 30,69 Proc.

Die Berechnung nach der Formel $\dot{Co}\bar{A} + 4\dot{H}$ liefert:

Essigsäure	40,96
Kobaltoxyd	30,13
Wasser	28,91
	100.

Die Krystalle sind denen des Nickelsalzes isomorph, wie wohl etwas anders ausgebildet. Sie bestehen aus dem rhombischen Prisma p, der Abstumpfung der stumpfen Seitenkanten a, der schwach geneigten basischen Endfläche c, und dem hinteren Augitpaar o'. Taf. I. Fig. 12.

Es ist

$$o' = a' : b : c \qquad a = a : \infty b : \infty c$$
$$p = a : b : \infty c \qquad c = c : \infty a : \infty c.$$



An der Grundform würde die Neigung der Flächen in den Kanten

$a\,c = 142^\circ\, 34'$	$b\,c = 125^\circ\, 10'$
$a'c = 140\quad 4$	$a\,b = 69\quad 5$,

das Axenverhältnifs

$$a : b : c = 0{,}7196 : 1 : 0{,}4030,$$

und der Winkel der schiefen Axen $= 85^\circ\, 19'$.

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an $a =$		*108° 42'
» $b =$	71° 18'	71 20
$p : a$	= 144° 21	144 50
$a : c$	= 94° 41'	
$p : c$	=	*93 48
$o' : o'$	=	*140 4
$o' : c$	= 144 14	
$o' : a$	= 114 0	
$o' : p$	= 121 58	122 14

Nicht selten sind *Zwillinge*: Zwillingsebene und Ebene der Aneinanderwachsung ist a; die schiefen Endflächen c bilden einen einspringenden (oder am anderen Ende ausspringenden) Winkel von 170° 38', und die beiden Augitpaare o' combiniren sich zu einer vierflächigen rhombenoctaëdrischen Zuspitzung. Taf. I. Fig. 13.

Essigsaures Manganoxydul

$\dot{M}n\,\bar{A} + 4\dot{H}$.

Eine Auflösung von kohlensaurem Manganoxydul in Essigsäure giebt beim Verdunsten blafsrothe Krystalle, welche luftbeständig und leichtlöslich sind.

1,49 Grm., bei Luftzutritt geglüht, hinterliefsen 0,469 Manganoxydoxydul = 0,43637 = 29,29 Proc. Manganoxydul. Nach der Formel $\dot{M}n\,\bar{A} + 4\dot{H}$ rechnend, erhält man:

Essigsäure	40,58
Manganoxydul	28,31
Wasser	31,11
	100.

Die Krystalle, welche nach älteren Angaben von John und

und Klauer rhombische Tafeln seyn sollen, scheinen in der That *zweigliedrig* zu seyn. Die Tafelfläche ist *b*; die Ränder sind zugeschärft durch die Flächen eines Rhombenoctaëders *o*, und die scharfen Ecken gerade abgestumpft durch *c*. Taf. I. Fig. 14.

Bei der aufserordentlichen Dünne der Tafeln und der nicht sehr glatten Beschaffenheit der Flächen *o* können die Messungen nicht als sehr genau gelten.

Giebt man den Flächen die Zeichen:

$$o = a : b : c$$
$$b = b : \infty a : \infty c$$
$$c = c : \infty a : \infty c,$$

so ist

$$a : b : c = 0{,}511 : 1 : 1{,}3095,$$

und am Hauptoctaëder *o* die Neigung der Flächen in den Kanten

$$a\,c = {}^{*}141^\circ\,40';\; b\,c = 65^\circ\,28';\; a\,b = 129^\circ\,6';$$

so wie

	Berechnet.	Beobachtet.
$o : b =$	109° 10′	
$o : c =$		*115° 27′
$b : c =$	90 0	90 0.

Es wäre möglich, dafs das Salz zwei- und eingliedrig und isomorph den beiden vorhergehenden wäre. Dafür spricht die Neigung $o : o = 141^\circ\,40'$, welche beim Nickelsalze $= 141^\circ\,30'$, und beim Kobaltsalze $= 140^\circ\,4'$ ist. Es liefs sich indessen nicht entscheiden, ob *c* oder *b* gegen *o* der vorderen und hinteren Seite verschieden geneigt sind.

Die Krystalle sind vollkommen spaltbar nach *b*.

Kaliumquecksilberchlorid

$$(KCl + HgCl) + \dot{H}.$$

Unter den Doppelsalzen aus Quecksilberchlorid und Chlorkalium, welche v. Bonsdorff beschrieben hat [1]), bildet diese Verbindung die besten Krystalle. Wenn man, um sie darzustellen, die Auflösung von gleichen Atomge-

1) Diese Ann. Bd. 17, S. 115.

wichten beider Salze verdunstet, so erhält man stets eine aus feinen seidenglänzenden Nadeln bestehende Masse, wahrscheinlich $(KCl + 4HgCl) + 4\dot{H}$. Fügt man aber noch 1 At. Chlorkalium hinzu, so bilden sich schöne durchsichtige Prismen des Salzes $(KCl + HgCl) + \dot{H}$.

v. Bonsdorff hat die Form derselben, wie es scheint, nur annähernd bestimmt. Es sind rhombische Prismen p, mit der Endfläche c und den Abstumpfungsflächen o, welche einem Rhombenoctaëder angehören, von denen aber die vier in einer Zone liegenden oberen und unteren stets viel gröfser waren als die vier anderen. Taf. I. Fig. 15.

Es ist

$$o = a : b : c$$
$$p = a : b : \infty c$$
$$c = c : \infty a : \infty b;$$

das Axenverhältnifs

$$a : b : c = 0{,}7142 : 1 : 0{,}7750.$$

An dem Hauptoctaëder o beträgt die Neigung der Flächen in den Kanten

$$ac = 124^\circ\ 36'$$
$$bc = 98\ \ 46$$
$$ab = 106\ \ 16.$$

	Berechnet.	Beobachtet. R.	Bonsdorff.
$p:p$ an $a =$		*108° 56′	110° 0′
» $b =$	71° 4′		
$o:p$ =		*143 8	141 30
$o:c$ =	126 52	127 28	

Ein Flächenpaar p ist oft gröfser als das andere. Die Endfläche erscheint zuweilen ganz schmal.

Ammoniumquecksilberchlorid
$(AmCl + HgCl) + \dot{H}$.

Dieses Salz (Alembrothsalz), von dessen Bereitung das oben Bemerkte gleichfalls gilt, ist dem Kaliumsalze isomorph.

Ich habe die Neigung von $p:p = 108^\circ\ 45'$, und die von $o:p = 143^\circ\ 0'$ gefunden.

Kaliumnickelcyanid
$(KCy + NiCy) + \dot{H}$.

Ich habe früher zwei Hydrate dieses Doppelcyanürs beschrieben [1]), welche in der Färbung einander sehr nahe kommen. Das Material zu der weiterhin angeführten krystallographischen Untersuchung war neuerlich bereitet worden, und stellte orangerothe durchscheinende Krystalle, zum Theil von ziemlicher Gröfse, dar. Die Analyse, bei welcher das Nickel und Kalium direct bestimmt wurden, zeigte, dafs das Salz $(KCy + NiCy) + \dot{H}$ war, welches enthält:

		Gefunden.	Früher.
Kalium	30,13	30,07	30,65
Nickel	22,77	23,65	23,19
Cyan	40,16		
Wasser	6,94		6,61
	100.		

Die Krystalle gehören dem *zwei- und eingliedrigen* System an. Es sind rhombische Prismen *p* mit einer geraden Abstumpfung der scharfen Seitenkanten *a*, einer auf diese aufgesetzten schiefen Endfläche *c*, mit gleicher Neigung gegen beide *p*, und einer Zuschärfung *q* auf den stumpfen Seitenkanten von *p*, und in die Diagonalzone von *c* fallend. Taf. I. Fig. 16.

Es sey:

$p = a : b : \infty c$ $\qquad a = a : \infty b : \infty c$

$q = p : c : \infty a$ $\qquad c = c : \infty a : \infty b$.

Das Axenverhältnifs ist

$$a : b : c = 1{,}9465 : 1 : 2{,}3453,$$

und der Winkel der Axen *a* und $c = 72^\circ\ 50'$.

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an $a =$		*56° 32′
» $b =$	123° 28′	
$p : a$	= 118 16	118 18
$a : c$	= 107 10	107 25
$a' : c$	=	*72 50
$p : c$	= 98 2	

1) Diese Ann. Bd. 38, S. 373, und Bd. 42, S. 114.

		Gefunden.	Berechnet.
$p':c$	=	81° 58'	82° 2'
$q:q$ an	c =	48 6	48 32
»	b =	131 54	
$q:c$	=		*114 3

Gewöhnlich ist das Prisma *p* niedrig, die Flächen *q* sind sehr klein, die Endfläche herrscht vor. Selten beobachtet man *p* herrschend.

Die Flächen *p* sind vertical, *c* ist parallel den Combinationskanten mit *q* gestreift. Die Flächen *q* fehlen mitunter.

Zuweilen beobachtet man Zwillinge. Zwillings- und Aneinanderwachsungsebene ist *a*; beide Individuen sind gleichsam nur zur Hälfte vorhanden, so dafs die Flächen *p* ein rhombisches Prisma wie an einfachen Krystallen bilden. Die Endflächen *c* machen einen einspringenden Winkel von 145° 40' (gefunden 145 — 146°).

Kaliumkupfercyanür.

Nach meinen früheren Untersuchungen [1]) existiren drei Verbindungen, nämlich:

$$KCy + \text{€u}Cy$$
$$2KCy + 3\text{€u}Cy$$
$$3KCy + \text{€u}Cy.$$

I. $KCy + \text{€u}Cy$.

Es ist sehr schwer zu Messungen taugliche Krystalle dieses Salzes zu erhalten, da sie zwar oft mehrere Zoll lang, aber dabei nicht nur ungemein dünn, sondern auch selten an den Enden ausgebildet sind.

Es sind rhombische Prismen *p* mit gerader Abstumpfung der scharfen Seitenkanten *b*, begränzt von einer vier- oder sechsflächigen Zuspitzung. Taf. I. Fig. 17, 18, 19. Im letzteren Fall besteht dieselbe aus einem Rhombenoctaëder *o* und der Abstumpfung seiner stumpferen Endkanten *r*, allein sehr gewöhnlich tritt nur die Hälfte der Octaëderflächen in die Combination ein. Das System scheint demnach das *zweigliedrige* zu seyn, und wenn man

1) Diese Ann. Bd. 42, S. 124; und Bd. 73, S. 117.

$$o = a : b : c$$
$$p = a : b : \infty c$$
$$r = a : c : \infty b$$
$$b = b : \infty a : \infty c$$

setzt, so ist

$$a : b : c = 0{,}7522 : 1 : 0{,}6293.$$

An dem Hauptoctaëder o beträgt die Neigung der Flächen in den Kanten

$ac = 128^\circ\ 28'$; $bc = 109^\circ\ 24'$; $ab = 92^\circ\ 28'$.

	Berechnet.	Gefunden.
$p : p$ an $a =$		*106° 6'
» $b =$	73° 54'	
$p : b$ $=$	126 57	126 50
$r : r$ an $c =$	100 10	
» $a =$	79 50	
$p : r$ $=$	120 51	
$o : r$ $=$	154 14	
$o : p$ $=$		*136 14
$o : b$ $=$	115 46	

Alle Flächen sind glänzend, allein nur die der horizontalen Zone lassen genauere Messungen zu, während die Flächen o und r entweder aufserordentlich schmal oder, bei etwas dickeren Krystallen, von Höhlungen unterbrochen sind, so dafs der Werth $o : p$ und die daraus abgeleiteten Winkel keinen Anspruch auf Genauigkeit machen.

II. 3KCy + €uCy.

Diese Verbindung krystallisirt oft in Zoll grofsen *Rhomboëdern*, welche farblos und durchsichtig sind. Wiederholte Messungen gaben den Beweis, dafs die drei Kantenwinkel gleich sind. Allein durch Verlängerung oder Verkürzung in der Richtung einer dieser Kanten entstehen unsymmetrische Formen, welche man für zwei und eingliedrig halten könnte. Selten tritt zu einem Rhomboëder $r = a : a : \infty a : c$ noch die Endfläche $c = c : \infty a : \infty a : \infty a$. Das Axenverhältnifs ist

$$a : c = 1{,}1177 : 1 = 1 : 0{,}8947.$$

		Berechnet.	Beobachtet.
$r:r$ in den Endkanten	=		*103° 2′
» » Seitenkanten	=	76° 58′	76 58
Neigung der Flächen: Axe c	=	44 4	
» » Endkanten: »	=	62 41	
$r:c$	=	134 4	

Die Flächen r sind glänzend, c ist rauh.

Zweifach äpfelsaures Ammoniak
($\dot{N}H^4 + 2C^4H^2O^4) + \dot{H}$.

Nicklès[1]), v. Kobell[2]) und zuletzt Pasteur[3]) haben die schönen Krystalle dieses Salzes beschrieben, welche dem *zweigliedrigen* System angehören.

Die von mir untersuchten aus rohem äpfelsaurem Kalk dargestellten Krystalle sind rhombische Prismen p, mit der Abstumpfung der scharfen Seitenkanten b, den auf diese aufgesetzten Zuschärfungflächen q und $\frac{q}{2}$ und der Endfläche c. Taf. I. Fig. 20. Die Zeichen sind:

$p = a : b : \infty c$ $\qquad b = b : \infty a : \infty c$

$q = b : c : \infty a$ $\qquad c = c : \infty a : \infty b$

$\frac{q}{2} = b : \frac{1}{2} c : \infty a$

Das Axenverhältniſs ist:

$$a : b : c = 0{,}7230 : 1 : 0{,}7766$$

(nach Pasteur's Messungen $= 0{,}7212 : 1 : 0{,}7729$).

An dem zum Grunde liegenden Hauptoctaëder $a : b : c$ würde die Neigung der Flächen in den Kanten

$$ac = 124° 16′;\ bc = 99° 16′;\ ab = 105° 56′$$

betragen, doch habe ich Flächen von Rhombenoctaëdern nicht beobachtet.

1) L. Gmelin's Handbuch, 5, 342.
2) Buchner's Repertorium, 71, 320.
3) *Ann. Chim. Phys. III. Sér., XXXIV*, 30.

	Berechnet.	Beobachtet.	Pasteur.
$p:p$ an $a=$		*108° 16′	108° 24′
» $b=$	71° 44′		71 36
$p:b$	$=$125 52	125 51	
$q:q$ an $c=$		*104 20	104 36
» $b=$	75 40		
$q:c$	$=$142 10	142 12	
$q:b$	$=$127 50	127 32	
$\frac{q}{2}:\frac{q}{2}$ an $c=$	137 34		137 35
» $b=$	42 26		
$\frac{q}{2}:c$	$=$158 47		
$\frac{q}{2}:b$	$=$111 13		
$q:\frac{q}{2}$	$=$163 23	163 8	
$p:q$	$=$111 4		

Alle Krystalle waren in der Art hemimorph, dafs sie an dem oberen freien Ende sämmtliche Flächen, an dem unteren, mit welchem sie aufgewachsen waren, nur c zeigten. Durch Ausdehnung von *b* werden sie tafelartig. Pasteur hat das Hauptoctaëder als Tetraëder zuweilen beobachtet.

Aldehyd-Ammoniak

$N\dot{H}^4+C^4H^3O.$

Frisch bereitet, sind die Krystalle vollkommen glänzend, farblos und durchsichtig. Sie gehören zur rhomboëdrischen Abtheilung des sechsgliedrigen Systems, und erscheinen als Rhomboëder *r* mit der Abstumpfung der Endkanten durch die Flächen des ersteren stumpferen $\frac{r'}{2}$.

$$r=a:a:\infty a:c;\quad \frac{r'}{2}=a':a':\infty a:\tfrac{1}{2}c.$$

Das Axenverhältnifs ist:

$$a:c=0{,}7169:1=1:1{,}3949.$$

Es ist ferner:

		an r	an $\frac{r'}{2}$
der Endkantenwinkel	=	*85° 16′	114° 12′
die Endkante: Axe c	=	51 10	68 4
die Fläche: »	=	31 50	51 10

	Beobachtet.
$r : \frac{r'}{2} = 132° 38'$	132° 38′

Nicht immer ist das erste stumpfere Rhomboëder vorhanden.

Die Krystalle zeigen Glasglanz und sind spaltbar nach r.

Natriumsulfarseniat

$\overset{,}{Na}^3 \overset{\prime\prime\prime}{\overset{\prime\prime}{As}} + 15\dot{H}$.

Einige vorläufige Angaben über die Krystallform dieses schönen Schwefelsalzes habe ich schon früher gemacht [1]).

Die Krystalle erhält man bald farblos, bald gelblich. Sie gehören zum *zwei- und eingliedrigen* System, und bilden rhombische Prismen p, bald für sich, bald mit einer Abstumpfung der scharfen Seitenkanten b, oder mit dieser und der der stumpfen a. In der Endigung bemerkt man oft nur eine auf die ersteren aufgesetzte Zuschärfung q^2, oft aber auch die schiefe Endfläche c, in deren Diagonalzone q^2 fällt, so wie eine hintere schiefe Endfläche r'. Ein Augitpaar der vorderen Seite o und eins der hinteren o', letzteres aus der Diagonalzone von r', kommen gleichfalls vor; beide fallen zugleich in die erste Kantenzone. Fig. 21. 22. 23.

Wir geben den Flächen folgende Zeichen:

$p = a : b : \infty c$	$r' = a' : c : \infty b$
$a = a : \infty b : \infty c$	$q^2 = b : 2c : \infty a$
$b = b : \infty a : \infty c$	$o = a : b : c$
$c = c : \infty a : \infty b$	$o' = a' : b : c.$

Das Axenverhältnifs ist:

$$a : b : c = 0,7620 : 1 : 0,5931,$$

und der Neigungswinkel $a : c = 59° 22'$.

1) Diese Annalen Bd. 52, S. 239.

Dann ergiebt sich an der aus den beiden Augitpaaren o und o' hervorgehenden Grundform die Neigung der Flächen in den Kanten

ac =	143° 32′	bc =	112° 47′
$a'c$ =	120 58	ab =	85 27.

Und ferner:

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an a =	113° 30′	113° 40′
» b =	66 30	
$p : a$ =	146 45	147 0
$p : b$ =		*123 15
$a : c$ =		*120 38
$a' : r'$ =	107 21	
$c : r'$ =	132 1	
$p : c$ =	115 13	
$p' : r'$ =	104 27	
$q^2 : q^2$ an c =		*88 50
» b =	91 10	
$q^2 : c$ =	134 25	134 20
$q^2 : b$ =	135 35	136 0
$q^2 : a$ =	110 54	
$o' : r'$ =	150 29	
$o' : c$ =	125 38	
$o' : b$ =	115 31	
$o' : a'$ =	105 3	
$o' : p'$ =	119 9	
$o : c$ =	148 55	
$o : b$ =	108 14	
$o : a$ =	142 10	
$o : p$ =	146 18	

Die gelblichen Krystalle haben die Form von Fig. 21 und 22, die farblosen, die von Fig. 23; letztere sind kürzer und dicker, aber oft an Masse viel bedeutender als jene.

III. *Ueber die Stärke der galvanischen Polarisation; von W. Beetz.*

(Der physikalischen Gesellschaft zu Berlin mitgetheilt am 15. Juli 1853.)

Bei Gelegenheit meiner Untersuchungen [1]) über die Wirkung des Erwärmens und Erschütterns der Elektroden auf die Stromstärke habe ich (p. 106) darauf hingewiesen, wie auffallend es sey, dafs die HH. Lenz und Saveljev [2]) die Polarisation einer Platinplatte durch Chlor nahezu =0 fanden, während ich die elektromotorische Kraft dieses Elementes in der Gasbatterie mehr als halb so grofs als die Kraft Platin-Wasserstoff gefunden hatte [3]), und auch das Erschüttern und Erwärmen einer mit Chlor bedeckten Elektrode durch die dabei stattfindende Stromverstärkung auf eine vorhandene Polarisation schliefsen liefs. Ich versuchte, als Grund dieser mangelnden Uebereinstimmung die Angreifbarkeit des Platins durch Chlor hinzustellen, welche möglicher Weise bei Mitwirkung stärkerer galvanischer Kräfte ähnliche Folgen haben könnte, wie die Oxydirbarkeit einer Kupferplatte, an welcher Sauerstoff entwickelt werden soll, eine Ansicht, welche schon früher Hr. Poggendorff [4]) mit dem Bemerken ausgesprochen hatte, dafs die Polarisation des Platins durch Chlor keineswegs =0 sey. Um unnütze Hypothesen zu sparen, hielt ich es zuerst für nothwendig, durch directe Versuche zu bestimmen, in wie weit sich die Angabe der Petersburger Physiker in der That bewährte.

Die Bestimmung der Polarisation einer Platinplatte durch Chlor ist in der in Rede stehenden Arbeit auf etwas anderem Wege erhalten als die übrigen Ladungen. In der Regel wurde eine Säule durch zwei Elektroden so geschlos-

1) Diese Annalen LXXIX, 98.*
2) Ebend. LXVII, 497.*
3) Ebend. LXXVII, 503.*
4) Ebend. LXI, 619.*

sen, dafs aus den Flüssigkeiten, in welche dieselben tauchten, entweder beiderseits eine Gasentwickelung stattfand, oder nur einerseits. Im letzteren Falle brauchte vom gefundenen Werthe nur die elektromotorische Kraft der Säule für sich, und die der angewandten Elektroden für sich in ihren bezüglichen Flüssigkeiten (mit Rücksicht auf das Vorzeichen dieser Kraft) subtrahirt zu werden, um den gewünschten Polarisationswerth zu finden. Im ersteren wurde die ebenso erhaltene Gesammtladung benutzt, um daraus durch Subtraction der anderweit bestimmten Polarisation der einen Elektrode die der anderen zu finden. Die auf beiden Wegen erhaltenen Werthe wurden aber nur als erste Annäherungen benutzt, um aus ihnen (und wenn für dieselbe Ladung mehre Beobachtungen da waren, aus deren Mitteln) und aus den Mittelwerthen der Originalbeobachtungen selbst, welche aus den Werthen der elektromotorischen Kraft der Elektroden und aus den Polarisationsgröfsen zusammengesetzt sind, die erstgenannte Kraft zu finden. Diese Kräfte wurden wieder als erste Annäherung angesehen; mit ihnen wurden mit der Voraussetzung, dafs die Combinationen aus *Metallen* und Flüssigkeiten dem Gesetze der elektromotorischen Spannungsreihe unterworfen seyen, die zweiten Annäherungen für die Polarisationen, und mittelst dieser die zweiten Annäherungen für die elektromotorischen Kräfte gefunden. Ich habe schon a. a. O. gezeigt, dafs bei diesem Eingehen mit den gefundenen Werthen der elektromotorischen Kräfte in die ursprünglichen Beobachtungen zuweilen ganz auffallende Gröfsenveränderungen für die Polarisation entstehen. Während z. B. unmittelbar gefunden war $p_{(H+O)} = 5{,}46$, und $p_{(O)} = 2{,}48$, wird durch Subtraction (mit einer eigenthümlichen Decimalstellenveränderung) gefunden $p_{(H)} = 5{,}46 - 2{,}47$ ungefähr $= 3{,}00$, also $p_{(H+O)} = 5{,}48$, während die corrigirten Werthe von $p_{(O)} = 2{,}49$ von $p_{(H)} = 3{,}67$ gegeben werden, so dafs $p_{(H+O)} = 6{,}16$ werden würde. Diese Veränderungen sind aber gewifs nicht einem falschen Princip zuzuschreiben, sondern theils einer zu weit gehenden Anwendung dieses Principes, theils den

Versuchen selbst. Das gewifs richtige Princip, nach welchem die Correctionen vorgenommen wurden, ist das von Hrn. Poggendorff [1]) und von den HH. Lenz und Saveljev selbst aufgestellte, dafs sich zur Hervorbringung der Kraft eines Volta'schen Kreises alle elektromotorischen Kräfte und Polarisationen in demselben algebraisch summiren; um dasselbe aber anzuwenden, mufs man sich zuvor überzeugen, dafs die in Rechnung zu bringenden Polarisationen auch gewifs immer durch dieselben Substanzen und deshalb immer in gleicher Stärke hervorgebracht sind. Wenn aber die Polarisation $p_{(H)}$, welche durch Subtraction von $p_{(H+O)} - p_{(O)}$ in verdünnter Schwefelsäure erhalten war, nachher benutzt wird als diejenige, welche eine negative Platinelektrode in concentrirter Salzsäure erfährt, und die eben erwähnte $p_{(O)}$ auch als die einer positiven Platinelektrode in concentrirter Salpetersäure, so ist das gewifs nicht gerechtfertigt, denn bei der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure scheidet sich an der positiven Platte noch Schwefelsäure, an der negativen Wasser ab, das weiter zersetzt wird [2]), die Salpetersäure scheidet am negativen Pole salpetrige Säure ab, so dafs die in ihr enthaltene Gesammtladung nicht als $p_{(O)}$ angenommen werden darf, und nur in der concentrirten Salzsäure findet ein vollständiges Aufgehen des ganzen Elektrolyten statt. Man darf also das obige für die Elektricitätslehre so wichtige Gesetz erst dann anwenden, wenn man sich von der vollkommenen Identität der Polarisationen in allen angezogenen Fällen, besonders aber von der Unveränderlichkeit des Elektrolyten selbst in der Nähe der Elektroden überzeugt hat. Dafs diefs nicht geschehen ist, mufs um so mehr auffallen, als p. 524 ausdrücklich erwähnt wird, dafs $p_{(H)}$ in Salzsäure viel geringer war, als in verdünnter Schwefelsäure.

Der andere störende Umstand liegt in den Versuchen selbst und ist von mir (Bd. LXXVIII, p. 38) schon hervor-

1) Diese Annalen LXVII, 528.*

2) Die Verfasser deuten auf eine derartige Absonderung, welche von Einflufs auf die Resultate seyn könnte, sogar p. 525 hin.

gehoben worden. Die angewandten Flüssigkeiten waren nicht chemisch rein, und gaben deshalb ganz unrichtige Polarisationen und unrichtige elektromotorische Kräfte, (z. B. bleihaltige Schwefelsäure, salzsäurehaltige Salpetersäure). Gerade diesem Umstande wird weiter unten ein wesentlicher Einflufs auf die Resultate beigemessen werden.

Was nun im Besondern die Bestimmung $p_{(Cl)}$ betraf, so ist dieselbe nicht mit den obigen Correctionen gewonnen. Es liegen für dieselbe vielmehr nur drei Beobachtungen vor, nämlich:

$$PtHCl + PtNO_5,\ Pt_{(Cl)} = 0{,}24$$
$$\text{»} \qquad \text{»} \qquad = 0{,}26$$
$$PtNO_5 + PtHCl,\ Pt_{(O+H)} = 5{,}30.$$

Hieraus könnte man weiter rechnen, (wenn man das obige Princip wirklich anwenden wollte)

$$p_{(H+O)} = 5{,}46, \text{ also}$$
$$PtNO_5 + PtClH = 5{,}30 - 5{,}46 = -0{,}16$$
$$\text{und } p_{(Cl)} = 0{,}25\ ^{1)} - 0{,}16 = 0{,}09.$$

Die Petersburger Physiker haben aber $p_{(Cl)} = 0$ gesetzt, und dieser Werth tritt nun in der Tabelle der corrigirten Polarisationen mit auf, während in der der uncorrigirten $p_{(Cl)}$ gar nicht vorkommt; ebenso wird weiter abgeleitet $PtHCl + PtNO_5 = 0{,}26 - 0 = 0{,}26$, und dieser Werth steht unter den corrigirten Werthen der elektromotorischen Kräfte. Aus der vorliegenden Arbeit geht also von selbst hervor, dafs, wenn man die zu Hülfe genommenen Angaben als richtig betrachtet, $p_{(Cl)}$ nicht $= 0$ ist, es würde vielmehr der 46te Theil von der Kraft einer Grove'schen Kette $(= 4{,}17)$ seyn.

Um nun selbstständig eine Bestimmung für $p_{(Cl)}$ zu finden, schien mir bei der Zersetzung der Salzsäure immer eine zweiseitige Beobachtung nöthig, sowohl für $p_{(Cl)}$ als für $p_{(H)}$, welche beide dann in der Beobachtung $p_{(Cl+H)}$ ihre Bestätigung finden mufsten. Die Abwesenheit einer solchen Controle ist immer sehr wenig beruhigend. Um eine jede Ladung einzeln zu erhalten, wurde einmal als negative,

1) Mittel aus 0,24 und 0,26.

das andere Mal als positive Elektrode ein Metall in einer Flüssigkeit angewandt, in welcher man seine Polarisation =0 setzen kann. Als positive Elektrode wählte ich, wie Hr. Poggendorff[1]), Zink in verdünnter Schwefelsäure oder, wie Hr. Svanberg[2]), in concentrirter Zinkvitriollösung. Als negative Elektrode halte ich, besonders nach den Versuchen des Hrn. Kohlrausch[3]), nur Kupfer in Kupfervitriollösung für constant genug; Platin in Salpetersäure verändert seine Kraft, so dafs die Kette nach und nach an Kraft gewinnt, und nach meinen Versuchen[4]) das Erschüttern einer in Salpetersäure tauchenden Platinkathode die Stromstärke sogar vergröfsert, statt sie, wie in anderen Fällen, zu schwächen. Die durch die Verschiedenheit der Elektroden in den Kreis gebrachten elektromotorischen Kräfte wurden nicht aus den Messungen, welche die Polarisation liefern sollen, selbst berechnet, sondern nach der Compensationsmethode gemessen. Um nicht auf die einzelne Messungen später jedesmal zurückkommen zu müssen, stelle ich dieselben in der folgenden Tabelle I. zusammen. Gewöhnlich sind die Messungen direct mit Einschaltung einer Sinusbussole gemacht. In diesen Fällen bezeichnen die Zahlen in der Spalte α die Winkel, deren Sinus den partiellen Stromstärken der messenden Ketten entsprechen. In einigen anderen Fällen ist die Gesammtkraft der constanten Kette als k' angegeben, so dafs im ersten Falle $k = r.\sin\alpha$ im zweiten $k = \frac{r}{r+r'}k'$ ist, wenn die von Hrn. Poggendorff[5]) eingeführten Bezeichnungen beibehalten werden. Die angewandten Flüssigkeiten waren bei den Versuchen so rein, als ich sie irgend zu erhalten wufste. Keine

1) Diese Ann. LXVII, 530.*
2) Ebend. LXXIII, 290. 298.*
3) Ebend. LXXV, 225. 228.*
4) Ebend. LXXIX, 101.
Daselbst mufs stehen:
Platin { — in Salpetersäure / + in verdünnter Schwefelsäure
5) Ebend. LIV, 180.*

derselben gab die geringste Reaction auf eine der Substanzen, welche als Verunreinigung derselben vermuthet werden konnte. Chlornatrium konnte ich auf keine andere Weise ganz rein erhalten, als durch Sättigung von reiner Salzsäure mit kohlensaurem Natron und Eindampfen der Lösung. Das Zink war amalgamirt. *V* bedeutet concentrirte Kupfervitriollösung, *Zn V* eine concentrirte angesäuerte Zinkvitriollösung.

Tafel I.

No.	Kette negativ.	Kette positiv.	*r*	*r'*	*α*	*k'*	*k*	*k* im Mittel.
1	$Pt\,SO_3$	$Pt\,NO^5$	8,3		28° 49'		4,00	4,00
2	$Pt\,SO_3$	$Pt\,SO_3$ Aq	18,8		24 53		7,91	7,91
3	$Pt\,SO_3$ Aq	$Zn\,SO_3$ Aq	35,3		67 43		32,66	32,66
4	($Pt\,NO_5$	Pt Cl H)	15,70	68,0		37,34	7,04	(7,04)
5	$Pt\,NO_5$	Cu V	16,8		69 26		15,15	15,01
			32,9		26 53		14,87	
6	Pt Cl H	Cu V	16,0		26 20		7,09	7,10
			6,9	69,2		75,94	6,89	
			15,6		26 28		6,95	
			7,8		73 0		7,46	
7	Cu V	$Zn\,SO_3$ Aq	29,6		45 40		21,17	21,22
			26,5		53 27		21,28	
8	Pt Cl H	$Zn\,SO_3$ Aq	34,10		58 4		28,98	29,10
			34,08		58 12		28,96	
			32,01		66 24		29,36	
9	$Pt\,SO_3$ Aq	Zn Zn V	34,2		65 25		31,10	31,10
10	Pt Cl H	Zn Zn V	31,3		63 36		28,03	28,06
			28,6		79 14		28,10	
11	$Pt\,NO_5$	$Pt\,SO_3$ Aq	72		29 21		3,53	3,53
12	$Pt\,NO_5$	$Zn\,SO_3$ Aq	36,4		84 47		36,24	36,24
13.	Pt K Br	$Zn\,SO_3$ Aq	33,6		62 15		29,73	29,50
			33,8		62 20		29,27	
14	Pt K Br	Pt Cl H	1,6		36 35		0,95	0,95
15	Pt K Cl	$Zn\,SO_3$ Aq	35,4		64 37		31,97	31,97
			35,4		64 38		31,98	
16	Pt K Cl	Pt Cl H	6,6		33 26		3,67	3,67
17	Pt Na Cl	$Zn\,SO_3$ Aq	35,2		64 31		31,77	31,80
			35,3		64 25		31,83	
18	Pt Na Cl	Cu V	9,96	60,8		72,00	10,13	10,13
19	Pt Na Br	Zn SO, Aq.	34,8		63 19		31,08	30,79
			34,8		61 19		30,53	
			34,2		64 4		30,76	
20	Pt Na Br	Zn Zn V	34,32		57 36		28,97	29,32
			33,16		63 30		29,67	
21	Pt K J	Zn Zn V	25,0		84 58		20,47	20,73
			27,62		49 29		21,00	
22	Pt K J	$Zn\,SO_3$ Aq	28,7		57 34		21,67	21,67

In diesen Messungen sind die Widerstände in Decimetern meines, schon früher angewandten, Rheochorddrahtes angegeben. Als Mefsinstrument diente eine aus Hrn. Oertling's Werkstatt hervorgegangene Sinusbussole. Von der Bedeutung der Maafszahlen mag man sich am besten eine Vorstellung dadurch machen, dafs die Kraft einer Grove'schen Kette, deren Platinzelle mit einer Mischung aus gemeiner und rauchender Salpetersäure gefüllt war, im Mittel aus 12 Beobachtungen = 37,26 gefunden wurde. Zu der Einheit, welche ich in früheren Arbeiten (welche ich nachher benutzen werde) angewandt habe, steht die jetzige im Verhältnifs 0,889:1. Die Messung 4 ist in Klammern geschlossen, weil sie nicht als zuverlässig zu betrachten ist. Mehre andere mit derselben Combination angestellte gaben kleinere Werthe, wahrscheinlich weil Salpetersäure und Salzsäure an ihrer Berührungsstelle Chlor entbinden. Die eine hier mitgetheilte Messung wurde gemacht, indem der ganze Mefsapparat zusammengestellt, der poröse Thoncylinder aber, der die Salzsäure und die eine Platinplatte enthielt, erst dann in die Salpetersäure getaucht wurde, um die Schliefsung der Nebenleitung zu bewirken. Das Resultat ist in diesem Falle ziemlich so ausgefallen, wie es nach den controlirenden Messungen zu erwarten war, ich möchte aber doch das Verfahren noch nicht allgemein empfehlen, weil leicht das Eintauchen eine ähnliche Wirkung auf die Stromerregung haben konnte, wie das der Metallplatten selbst. Im Uebrigen sind die Versuche mit einander in hinreichender Uebereinstimmung, um das Gesetz der elektromotorischen Spannungsreihe auch für Combinationen aus Metall und Flüssigkeit zu bestätigen.

Hier einige Beispiele:

$PtNO_5$, $ZnSO_3$ Aq	aus No. 5 u. 7 =	15,01 + 21,22 = 36,23
	aus » 12	36,24
PtClH, $ZnSO_3$ Aq	aus » 6 u. 7 =	7,10 + 21,22 = 28,32
	aus » 8	29,10
$PtNO_5$, $ZnSO_3$ Aq	aus » 3 u. 11 =	32,66 + 3,53 = 36,19
	aus » 12	36,24

$PtSO_3$, $PtSO_3Aq$	aus No. 1 u. 11	=	4,00 + 3,53	=	7,53
	aus » 2				7,91
$PtNaCl$, $ZnSO_3Aq$	aus » 7 u. 18	=	21,22 + 10,13	=	31,35
	aus » 17				31,80

u. s. w.

Wiewohl hiernach die einzelnen Werthe recht wohl zu einander stimmen, werde ich der Gleichmäfsigkeit wegen immer die Messung als mafsgebend betrachten, in welcher die Combinationen mit $ZnSO_3Aq$ zusammengestellt sind. Wo eine solche Zusammenstellung fehlt, (für $PtSO_3$ und für Zn ZnV) ist ihr Werth nach dem Gesetz der Spannungsreihe ermittelt. Alle übrigen Messungen sind nur als Controle benutzt. Die Reihenfolge wird dann folgende, wenn man $ZnSO_3Aq$ als Ausgangspunkt betrachtet.

$PtSO_3$	= 40,26
$PtNO_5$	= 36,24
$PtSO_3Aq$	= 32,66
Pt K Cl	= 31,97
Pt Na Cl	= 31,80
Pt Na Br	= 30,79
Pt K Br	= 29,50
Pt Cl H	= 29,10
Pt K J	= 21,67
Cn V	= 21,22
Zn ZnV	= 1,34
$ZnSO_3Aq$	= 0

Aus dieser Reihe werden alle Angaben entnommen, z. B. $PtNO_5$, Cn V = 36,24 − 21,22 = 15,02.

Für die Bestimmung der Polarisation des Platins durch Chlor ist die Stellung des Pt Cl H von Wichtigkeit. Dieselbe weicht bei meinen Resultaten merkwürdig ab von den Angaben der HH. Lenz und Saveljev. Ich finde Platin in Salzsäure mit der Kraft 7,14 *positiv* gegen Platin in Salpetersäure, die genannten Herren etwa um 2,54 *negativ* (wenn ich zur Uebertragung der Zahl 0,26 auf meine Einheit die Kraft Cn V, $ZnSO_3Aq$ aus unseren beiderseitigen

Messungen benutze, also mit $\frac{21,22}{2,17} = 9,78$ multiplicire [1]). Der Grund dieser Abweichung ist ein dreifacher. Die Salpetersäure der Petersburger Physiker war salzsäurehaltig; die Salzsäure die gewöhnliche käufliche; die Berührung beider Säuren entwickelte Chlor. Bei der bloſsen Zusammenstellung dieser Combination war also schon ohne weitere Einwirkung eines Stromes Chlor genug vorhanden, um neben der elektromotorischen Kraft, welche die Flüssigkeiten bedingen, noch die durch das Chlor erregte mitzumessen. Ich gehe deshalb, ohne jene Versuche weiter benutzen zu können, zu meinen eigenen Messungen über.

Bei der Zersetzung der Salzsäure zwischen Platinelektroden ist die groſse Constanz des Stromes, vom Anfange der Schlieſsung an, welche auch von Lenz und Saveljev hervorgehoben worden ist, merkwürdig. Die Bussolennadel nimmt fast augenblicklich eine Stellung an, die sie bei lange dauernder Stromwirkung nicht verläſst, während es mir bei der Zersetzung eines sauren Wassers nie hat gelingen wollen, ein wirkliches Minimum für den Strom zu erhalten, wenn auch die Nadelstellung ruhig genug wird um eine Ablesung zu machen. Ebenso constant sind die Ströme bei Einschaltung der Combinationen, welche nur die Abscheidung des Chlors allein, oder des Wasserstoffs allein erlauben. Da unmittelbar nach Verschiebung der Rheochordklemmen die Nadel wieder ihre ruhige Stellung einnahm, so schien es zwar wahrscheinlich, daſs innerhalb der Intensitäten, mit denen ich arbeitete, die Polarisation schon unabhängig von der Stromstärke sey; um mich aber

1) Ich habe beliebig diese Kraft gewählt, da ich nicht weiſs, welche ich als zuverlässig annehmen darf. Die Kraft $Zn\,SO_3\,Aq$, $Pt\,NO_5$ würde ein anderes Verhältniſs gegeben haben, denn sie steht zu der vorhergenannten in einem anderen Verhältniſs, als sowohl Hr. Poggendorff (Bd. LXX, 179*) als ich es gefunden haben. Nach ersterem verhalten sich beide Kräfte $= 32 : 18$; nach meinen obigen Versuchen, wobei ich die Kraft der Grove'schen Kette zu Grunde lege, wie $37,26 : 21,22$, d. h. $= 32 : 18,2$; nach Lenz und Saveljev $= 4,17 : 2,00$ d. h. $= 32 : 15,3$.

sicherer zu stellen, bestimmte ich nie aus zwei Beobachtungen die Ladung, sondern immer aus mehren. Die Combination Cu V, Pt Cl H änderte zuerst immer ihre elektromotorische Kraft und ihren Widerstand. Dann war jedesmal die Kupferplatte mit dem von Jonas [1]) beschriebenen wasserfreien Kupferchlorür bedeckt. Die Salzsäure mufste also durch Diffusion der Kupfervitriollösung beigemischt seyn. Um diefs zu vermeiden, wurde der die Salzsäure enthaltende poröse Cylinder jedesmal in einen anderen der Art gestellt, welcher mit Kupfervitriollösung angefüllt und dann in den gröfseren Trog mit derselben Lösung gesetzt war. Jetzt ist wohl noch eine kleine Widerstandsveränderung (in der mittleren Zelle) möglich, aber die Kraft bleibt unverändert, das Kupfer schlägt sich rein metallisch auf der Kupferplatte nieder. In Bezug auf die Bedeutung der mitgetheilten Zahlen wird es kaum nöthig seyn zu erwähnen, dafs sie immer aus der Verbindung zweier Gleichungen von der Form

$$\sin\alpha' = \frac{E \pm k - p}{R + r}$$

und

$$\sin\alpha' = \frac{E \pm k - p}{R + r'}$$

entstanden sind, wo α den Drehungswinkel der Sinusbussole, E die elektromotorische Kraft der Säule, K die der eingeschalteten Combination, p die Polarisation, R den wesentlichen Gesammtwiderstand und r und r' die eingeschalteten Rheochorddrähte bedeutet: Daraus folgt

$$R = \frac{r'\sin\alpha' - r\sin\alpha}{\sin\alpha - \sin\alpha'}$$

welcher Werth in der Spalte R steht, ferner

$$E \pm k - p = \sin\alpha(R + r).$$

Von den Werthen dieser Spalte ist für jede Beobachtungsreihe das Mittel genommen, um daraus $p \mp k$ und dann p zu finden.

1) Diese Annalen LVIII, 210.*

Tabelle II.

Zwei Platinplatten in concentrirter Salzsäure.

p = Polarisation Platin - Chlor + Platin - Wasserstoff.

Reihe	r	$\sin\alpha$	R	$E-p$	E	p
I.	12	0,9563	35,8	45,70	75,01	29,30
	14	9180	33,2	45,71		
	16	8827	33,9	45,71		
	18	8487	35,8	45,64		
	20	8183	35,8	45,65		
	30	6940	35,8	45,66		
	35	6450	38,9	45,66		
	40	6041	34,5	45,79		
	45	5662	38,7	45,75		
	50	5343		45,83		
			35,8	45,71		
II.	50	0,0990	44,8	9,31	37,22	27,91
	40	1106	45,6	9,30		
	30	1253	43,9	9,28		
	20	1449	43,6	9,28		
	10	1719	42,3	9,29		
	5	1899	44,6	9,32		
	70	0822		9,38		
			44,1	9,31		
III.	70	0,4059	44,9	45,39	75,59	30,29
	50	4914	43,5	45,12		
	40	5502	38,6	45,01		
	30	6304	39,7	45,26		
	20	7359	40,3	45,48		
	15	8025	43,7	45,58		
	10	8776		45,46		
			41,8	45,33		
IV.	70	0,4916	18,9	43,65	73,99	30,32
	60	5539	19,3	43,63		
	50	6338	17,7	43,56		
	40	7437	20,9	43,73		
	35	8117	17,1	43,66		
	30	8979		43,82		
			18,8	43,67		
V.	70	0,5158	20,9	46,06	73,54	27,45
	60	5795	17,2	45,95		
	50	6657	18,9	46,12		
	40	7788	19,3	46,17		
	35	8503	21,8	46,15		
	32	8976	17,6	46,05		
	29	9554		46,14		
			19,3	46,09		

Reihe	r	sin α	R	E − p	E	p
VI.	70	0,4200	35,0	43,89	71,61	27,75
	50	5188	34,7	43,82		
	40	5882	34,6	43,81		
	30	6792	35,1	43,80		
	20	8025	33,1	43,83		
	10	9887		43,99		
			34,5	43,86		

$p_{(Cl+H)}$ im Mittel $= 28{,}83$.

Aus allen diesen Reihen geht hervor, dafs die Stromstärke in den angewandten Gränzen sehr wenig auf die Gesammtstärke der Polarisation durch Chlor und Wasserstoff einfliefst, da Intensitäten von 0,0822 (Reihe II.) bis 0,9887 (Reihe VI.) fast gleiche Resultate lieferten. Um indefs von der Voraussetzung unabhängig zu seyn, dafs auch bei diesen kleinen Intensitäten die Ladung eine Function der Stromstärke sey, prüfte ich zuerst mittelst einer Wippe, nach der schon von Hrn. Poggendorff benutzten Methode [1]), ob die Stärke des Stromes einen Einflufs auf die Ladung habe, indem ich durch ein in Salzsäure tauchendes Platinplattenpaar den ganzen Strom einer dreipaarigen Grove'schen Säule, durch ein zweites nur einen schwachen Zweigstrom gehen liefs, und dann durch Umschlagen der Wippe die beiden polarisirten Paare einander gegenübersetzte. Das durch den stärkeren Strom geladene überwog immer, aber nur auffallend wenig. Ich stellte hierauf einen messenden Versuch an, der sich an Reihe VI. anschlofs. Es wurde eine Kette aus der zweipaarigen Säule genommen, und deren Widerstand bestimmt. Dieser $= 0{,}8$ von dem Gesammtwiderstande $= 34{,}5$ abgezogen gab den noch bleibenden Widerstand des jetzt geschlossenen Stromes $= 33{,}7$, da alle übrigen Theile unverändert blieben. Mit diesem wurde aus den folgenden Beobachtungen berechnet:

1) Diese Annalen LXI, 615.*

Reihe	r	$\sin \alpha$	R	$E-p$	E	p
VII	70	0,0869	33,7	29,01	35,60	26,59
	50	1051		8,79		26,81
	30	1354		8,61		26,99
	10	1914		8,36		27,24

Es ist also in der That ein ungemein schwaches Steigen der Polarisation mit der Stromstärke vorhanden. Die Reihe VII. ist der Zeit nach unmittelbar vor VI. angestellt, damit nicht die zurückbleibenden Mengen der durch den stärkeren Strom abgelagerten Gase schädlich einwirken konnten.

Tabelle III.

Negative Platinelektrode in concentrirter Salzsäure, positive Zinkelektrode in verdünnter Schwefelsäure.

p = Polarisation Platin - Wasserstoff.

Reihe	r	$\sin \alpha$	R	$E+k-p$	E	k	p
VIII.	70	0,4407	38,1	47,63	37,56	29,10	19,08
	60	4856	38,2	47,63			
	50	5390	37,9	47,48			
	45	5726	38,1	47,59			
	40	6094		47,59			
			38,1	47,58			
IX.	60			45,62			
	50	0,4833	35,2	45,58	35,69		19,23
	40	5400	34,8	45,54			
	30	6122	34,6	45,51			
	25	7069	34,6	45,50			
	20	7662	33,7	45,56			
	15	8376	33,8	45,62			
		9235					
			34,4	45,56			
X.	70	0,5299	15,6	45,39	36,43		20,26
	60	6000	16,0	45,30			
	50	6909	15,9	45,20			
	40	8144	15,2	45,20			
	35	8954	14,7	45,22			
	30	9956		45,30			
			15,5	45,27			

Reihe	r	sin α	R	E+k−p	E	k	p
XI.	70	0,8040	39,8	85,80	73,99	29,10	17,36
	66	8344	39,3	85,69			
	60	8848	37,6	85,95			
	58	9033	33,0	85,84			
	56	9236	36,9	85,62			
	54	9442	34,1	85,63			
	52	9658	36,2	85,65			
	50	9882		85,68			
			36,7	85,73			
XII.	40	0,8012	15,9	45,03	35,39		19,48
	35	8789	16,5	44,99			
	30	9745		45,01			
			16,5	45,01			

$p_{(II)}$ im Mittel $= 19{,}08$.

Tabelle IV.

Negative Kupferelektrode in Kupfervitriollösung, positive Platinelektrode in concentrirter Salzsäure.

$p =$ Polarisation Platin - Chlor.

Reihe	r	sin α	R	E−k−p	E	k	p
XIII.	70	0,5113	37,6	55,06	73,30	7,88	10,46
	60	6280	38,4	54,95			
	50	7081	37,0	54,88			
	40	8794	37,2	54,95			
	30	9563		54,97			
			37,5	54,96			
XIV.	70	0,1581	52,6	19,15	36,76		9,79
	40	2093	48,4	19,06			
	30	2360	52,3	19,13			
	20	2689	52,4	19,09			
	10	3120	49,9	19,06			
	5	3404		19,09			
			51,1	19,09			
XV.	70	0,5582	26,8	53,66	71,77		10,34
	60	6225	27,4	53,65			
	50	7030	26,0	53,57			
	40	8095	23,8	53,59			
	35	8783	27,2	53,75			
	30	9550		53,07			
			26,2	53,55			

Reihe	r	sin α	R	E−k−p	E	k	p
XVI.	70	0,5088	35,1	53,93	71,91	7,88	10,03
	60	5623	35,3	53,98			
	50	6282	35,7	54,03			
	40	7112	37,0	54,05			
	30	8188	36,0	54,04			
	25	8857	36,6	54,02			
	20	9639		53,97			
			36,0	54,00			
XVII.	70	0,4579	49,5	54,34	72,41		10,20
	60	4997	48,9	54,30			
	50	5502	48,7	54,30			
	40	6122	48,4	54,31			
	30	6902	48,8	54,32			
	20	7905	47,7	54,31			
	10	9296		54,56			
			48,7	54,33			
XVIII.	70	0,4431	52,4	54,54	73,2		10,78
	60	4825	52,2	54,57			
	50	5297	53,9	54,61			
	40	5861	53,0	54,57			
	30	6567	54,1	54,57			
	20	7453		54,47			
			53,1	54,54			

$p_{(Cl)}$ im Mittel $= 1027$.

Auch für diese Polarisationkräfte ist wie oben die Einwirkung der Stromstärke:

Reihe	r	sin α	R	E−k−p	E	k	p
XIX.	70	0,1570	4,80	18,53	35,46	7,88	9,05
	50	1845		18,07			9,51
	30	2278		17,77			9,81
	20	2636		17,92			9,66
	10	3060		17,75			9,83

Die Zunahme ist also, wenn auch sehr gering, doch ebenfalls merklich, und hätte danach der Mittelwerth von $p_{(Cl)}$ ein wenig höher ausfallen müssen, wenn Reihe XIV nicht mit in Rechnung gezogen wäre, welche mit sehr geringen Stromstärken angestellt ist.

Die Resultate der Tabellen II., III. und IV. sind durchaus unzweideutig. Die Polarisation des Platins ist im Mittel

durch Chlor = 10,27
» Wasserstoff = 19,08
29,35
» beide Gase = 28,83.

Es haben sich also auch hier die Ladungen summirt. *Die absoluten Gröfsen dieser Ladungen aber sind dieselben, welche ich für die elektromotorischen Kräfte des Chlors und Wasserstoffes in der Gasbatterie gefunden habe* [1]), denn diese würden, auf die hier angewandte Einheit übertragen, bezüglich = 10,10 und 17,89 seyn. Die Unterschiede liegen, wie die vorigen Tabellen zeigen, innerhalb der Gränzen zufälliger Einflüsse. Dafs diefs gerade bei der Zersetzung der Salzsäure eintritt, glaubte ich daher erklären zu müssen, dafs dieser Elektrolyt rein in die beiden Substanzen aufgeht. Wenn also die Gröfse der Polarisation nicht mit der elektromotorischen Kraft des betreffenden Gases übereinstimmt, so müssen secundäre Processe oder anderweitige Ablagerungen daran Schuld seyn. Es kam mir nun darauf an, auch andere Substanzen in Bezug auf diese Erscheinung zu prüfen, bei denen ebenfalls eine so einfache Elektrolyse stattfindet. Destillirtes Wasser ist seines grofsen Leitungswiderstandes wegen dazu nicht zu brauchen; am nächsten hätten dann die Wasserstoffsäuren der übrigen Halogene gelegen. Da es mir aber nicht wohl möglich schien, dieselben ganz frei von Brom und Jod zu erhalten, so nahm ich zu einem anderen Mittel meine Zuflucht. Nach Hrn. Faraday's [2]) Angaben werden die alkalischen Haloïdsalze in ihrer concentrirten Lösung so zerlegt, dafs sich an der positiven Elektrode nur der Salzbilder, kein Sauerstoff, an der negativen Wasserstoff und das Oxyd des Metalles abscheidet. Hr. Faraday und auch Hr. Daniell [3]) betrachten die Entwickelung des Salzbilders als primär, den übrigen Procefs als secundär; man würde demnach nicht erst eine Abscheidung der Säure am positiven Pole

1) Diese Annalen LXXVII, 503.
2) *Exp. Res.* 766 u. ff.
3) Diese Annalen Ergänzungsbd. I, 576.

anzunehmen haben. Gewifs ist diese Ansicht richtig. Sollte aber auch ein wenig Säure in der Nähe der Platinplatte abgeschieden werden, so kann man aus Tabelle I. sehen, dafs diefs die elektromotorische Kraft der Combination nur unmerklich ändern würde. Läfst man nun in eine solche Haloïdsalzlösung die positive Platinelektrode und in eine Kupfervitriollösung die negative Kupferelektrode tauchen, so mufs sich auf dieser statt des Wasserstoffes wieder Kupfer abscheiden. Die Basis mufs sich mit der Säure der Kupfervitriollösung verbinden, und kann dabei einen geringen Einflufs auf die Leitungsfähigkeit in der mittelsten Zelle ausüben, der sich durch die Rechnung als Veränderung der elektromotorischen Kraft deuten liefse. Um zu prüfen, wie weit ein solcher Einflufs stattfindet, untersuchte ich die Polarisation des Platins in Chlornatrium und in Chlorkalium.

Tabelle V.

Negative Kupferelektrode in Kupfervitriollösung, Positive Platinelektrode in Chlornatriumlösung.

p = Polarisation Platin-Chlor.

Reihe	r	sin α	R	$E-k-p$	E	k	p
XX.	70	0,3891	63,1	51,08	72,13	10,58	10,54
	50	4579	59,3	50,96			
	40	5040	63,8	51,05			
	30	5577	60,9	50,93			
	20	6266	59,9	50,95			
	10	7165		51,09			
			61,3	51,01			
XXI.	70	0,4094	56,4	51,05	72,50		10,90
	60	4444	54,1	50,97			
	50	4871	55,1	51,00			
	40	5383	53,2	50,97			
	30	6030	54,7	51,07			
	20	6837		51,07			
			54.7	51,02			
XXII.	70	0,4720	38,7	51,36	72,86		10,95
	60	5198	39,9	51,33			
	50	5776	38,6	51.29			
	40	6510	38,1	51,30			
	30	7466	38,7	51,37			
	20	8739	39,0	51,37			
	14	9728		51,26			
			38,8	51,33			

Tabelle VI.

Negative Kupferelektrode in Kupfervitriollösung, Positive Platinelektrode in Chlorkaliumlösung.

p = Polarisation Platin-Chlor.

Reihe	r	$\sin\alpha$	R	$E-k-p$	E	k	p
XXIII.	70	0,4237	49,9	50,43	72,38	10,75	11,36
	50	5085	47,8	50,23			
	40	5664	48,9	50,30			
	30	6381	49,0	50,28			
	20	7305	48,7	50,26			
	10	8549		50,14			
			48,8	50,27			
XXIV.	70	0,4326	46,9	50,44	72,30		11,28
	40	5819	46,3	50,39			
	30	6582	46,6	50,41			
	20	7568		50,40			
			46,6	50,41			

$p_{(Cl)}$ im Mittel aus Tabelle V und VI $= 11,01$
aus IV, V und VI $= 10,58$.

Das Mittel liegt also bei diesen Messungen ein wenig *höher*, als bei den mit Salzsäure angestellten, aber so *unbedeutend*, dafs der Unterschied wohl zu vernachlässigen ist. Ich ging deshalb zu den Beobachtungen mit Bromkalium, Bromnatrium und Jodkalium über.

Tabelle VII.

Negative Kupferelektrode in Kupfervitriollösung, Positive Platinelektrode in Bromkaliumlösung.

p = Polarisation Platin-Brom.

Reihe	r	$\sin\alpha$	R	$E-k-p$	E	k	p
XXV.	60	0,4641	62,8	56,89	72,20	8,28	7,10
	40	5544	61,3	56,88			
	30	6150	64,3	56,95			
	20	6871	61,9	56,75			
	10	7826		56,61			
			62,6	56,82			
XXVI.	60	0,4911	59,9	58,00	72,81		6,46
	50	5358	56,9	57,89			
	40	5911	59,0	58,53			
	30	6574	51,2	57,91			
	20	7426	57,4	57,99			
	10	8543		58,17			
			58,1	58,07			

Reihe	r	sin α	R	$E-k-p$	E	k	p
XXVII.	70	0,4827	49,5	57,30	72,30	8,28	6,86
	50	5797	49,0	57,20			
	40	6448	48,6	57,19			
	30	7268	47,8	57,19			
	20	8332	48,6	57,43			
	10	9753		57,24			
			48,7	57,26			

Tabelle VIII.

Negative Kupferelektrode in Kupfervitriollösung, Positive Platinelektrode in Bromnatriumlösung.

p = Polarisation Platin-Brom.

Reihe	r	sin α	R	$E-k-p$	E	k	p
XXVIII.	70	0,4208	61,0	54,62	71,20	9,57	7,11
	50	4957	60,9	54,41			
	40	5458	58,3	54,46			
	30	6076	59,1	54,52			
	20	6843		54,59			
			59,8	54,52			
XXIX.	70	0,4529	55,8	56,97	73,39		6,93
	50	5385	55,1	56,96			
	40	5951	55,9	57,01			
	30	6644	56,3	57,00			
	20	7495	55,9	56,79			
	10	8632		56,62			
			55,8	56,89			

$p_{(Br)}$ im Mittel aus Tabelle VII und VIII = 6,89.

Tabelle IX.

Negative Kupferelektrode in Kupfervitriollösung, Positive Platinelektrode in Jodkaliumlösung.

p = Polarisation Platin-Jod.

Reihe	r	sin α	R	$E-k-p$	E	k	p
XXX.	70	0,6051	40,3	68,31	72,00	0,45	3,22
	60	6654	43,3	68,46			
	50	7365	44,5	68,41			
	40	8236	43,7	68,29			
	30	9353		68,18			
			42,9	68,33			

Reihe	r	sin α	R	E−k−p	E	k	p.
XXXI.	70	0,5854	41,9	65,26	69,64	0,45	3,91
	60	6428	39,9	65,24			
	50	7143	42,2	65,35			
	40	8012	41,9	65,30			
	30	6126		65,24			
			41,5	65,28			
XXXII.	70	0,5981	42,7	67,34	71,44		3,65
	60	6563	42,2	67,33			
	50	7274	42,3	67,35			
	40	8158	43,2	67,38			
	30	9272		67,30			
			42,6	67,34			

$p_{(J)}$ im Mittel = 3,59.

Nach meinen früheren Versuchen ist die elektromotorische Kraft des Broms = 6,96. Die des Jods hatte ich früher nicht bestimmt. Nach Hrn. Grove's [1]) Angabe steht dasselbe in der Reihe zwischen Brom und Sauerstoff; ich habe es in fünf Versuchen nur (innerhalb der Fehlergränzen) dem Sauerstoff gleichwirkend gefunden. Der letztere würde die Kraft 3,42 haben, für das Jod fand ich:

Reihe	r	sin α	k
XXXIII.	6,8	0,4825	3,31
	6,6	4871	3,21
	7,26	4597	3,33
	7,4	4871	3,60
	6,7	5012	3,36

also ist die Kraft Platin-Jod im Mittel = 3,36.

Die überhaupt erlangten Resultate sind folgende:

	Polarisation.	Elektromotorische Kraft.
in Jod	3,59	3,36
» Brom	6,89	6,96
» Chlor	10,58	10,10
» Wasserstoff	19,08	17,89
» Chlor + Wasserstoff	28,83	27,99

So dafs das oben ausgesprochene Gesetz für alle diese Substanzen richtig ist. Dafs auch hier die gefundenen

1) *Phil. Trans.* 1845 *p.* 359. *

Werthe nur Maxima, und nicht für alle noch so schwache Ströme gültig sind, ist klar, denn sonst müfste der Strom einer Daniell'schen Kette, deren Platinelektroden in concentrirte Salzsäure tauchen, eine verkehrte Richtung haben; die Maxima treten aber in den betrachteten Fällen schon sehr früh ein. Man mufs wohl annehmen, dafs die Polarisation dann wirklich der elektromotorischen Kraft des betreffenden Gases gleich ist, wenn die Platten vollständig mit dem entwickelten Gase umgeben sind. Ströme, welche durch einen grofsen Widerstand schwach sind, erreichen das, wenn man sie lange genug wirken läfst und dabei das Entweichen der Gase verhindert; Ströme, welche durch eine geringe elektromotorische Kraft gering sind, werden es nie erreichen. Z. B. könnte der Strom einer Daniell'schen Kette (von der Kraft 21,22) nur so lange Wasserstoff und Chlor aus Salzsäure zwischen Platinelektroden entwickeln, bis deren Ladung ebenfalls $=21{,}22$ ist, während das Maximum der Polarisation 27,99 seyn müfste, denn wenn die beider Kräfte einander gleich sind, hört jede weitere Wirkung auf. Ich will hiermit nicht etwa aussprechen, dafs die Polarisation von der elektromotorischen Kraft der Kette, und nicht von der Intensität des Stromes abhängig sey, vielmehr sinken eben Ströme, welche durch ihre geringe Kraft schwach sind, noch viel weiter durch die Polarisation, solche, welche durch grofsen Widerstand schwach sind, nur wenig.

Dafs bei der Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure die Polarisation durch Wasserstoff höher ausfällt, liefse sich wohl noch begreifen; der Unterschied ist nicht zu bedeutend, und könnte wohl einer Verdünnung der Schwefelsäure, welche am negativen Pol entsteht, zugeschrieben werden [1]). Nach den Erscheinungen, welche ich über die Stärke dieser Polarisation bekannt gemacht habe [2]), mufs

1) Hr. Daniell hat sich nicht bestimmt entscheiden können, ob nur ein Abscheiden der Schwefelsäure am positiven Pole, oder auch ein Abscheiden des Wassers am negativen Pole stattfindet. Diese Ann. Ergänzungsbd. I, 574. *

2) Diese Ann. LXXVIII, 35.

dieselbe im Verhältnifs 21 : 32 zur Kraft der Grove'schen Kette stehend angenommen werden, also in meiner Einheit =24,4 seyn.

Ich fand sie bei zwei Messungen:

Negative Platinelektrode } in verdünnter Schwefelsäure.
Positive Zinkelektrode }

p = Polarisation Platin - Wasserstoff.

Reihe	r	sin α	R	$E+k-p$	E	k	p
XXXIV.	55	0,8434	37,0	77,68	71,23	32,66	26,22
	50	8919	37,3	77,67			
	42	9818		77,66			
			37,15	77,67			

Negative Platinelektrode in verdünnter Schwefelsäure, Positive Zinkelektrode in concentrirter Zinkvitriollösung.

Reihe	r	sin α	R	$E+k-p$	E	k	p
XXXV.	56	0,8326	37,8	78,05	71,09	31,32	24,39
	52	8692	38,0	78,05			
	48	9096	37,6	78,03			
	44	9542		77,95			
			37,8	78,02			

$p_{(II)}$ im Mittel =25,30.

Ob der Unterschied der Polarisation durch Wasserstoff in Salzsäure und in verdünnter Schwefelsäure sich aus einem solchen Abscheiden von Wasser völlig erklären läfst, wage ich nicht zu entscheiden, eine Messung dürfte nicht wohl ausführbar seyn. Was aber die Polarisation der positiven Elektrode in verdünnter Schwefelsäure betrifft, so ist dieselbe ungemein viel gröfser, als nach der elektromotorischen Kraft des Sauerstoffs zu erwarten wäre. Diese ist =3,42; die Polarisation, wie die durch Wasserstoff, =24,4. Nach Tabelle I. ist Platin in concentrirter Schwefelsäure gegen Platin in verdünnter Schwefelsäure negativ mit der Kraft 7,60. Die Säure, welche sich an der Elektrode abscheidet, mag, in einer unendlich dünnen Schicht, weit concentrirter seyn, als die zum Versuch angewandte; es wäre also nicht unmöglich, dafs die positive Elektrode ihre starke Polarisation der Säureabscheidung verdankt. Ein anderer Gedanke schien mir aber noch näher zu liegen. Schon

Hr. Schönbein [1]) hat bei seinen ersten Mittheilungen über die riechende Substanz, welche sich bei der Elektrolyse des Wassers entwickelt, gezeigt, dafs eine Platinplatte in derselben, ähnlich wie in Chlor und Brom, negativ polarisirt wird. Wenn nun das Jod vom Brom, das Brom vom Chlor, und das Chlor vom Ozon aus seinen Verbindungen getrieben wird, so dafs Hr. Baumert [2]) darauf sogar eine Analyse dieser schwer zu behandelnden Substanz gründete; und wenn ferner das Platin im Brom negativer als im Jod, im Chlor negativer als im Brom wird, so wäre es nicht unwahrscheinlich, dafs die Polarisation im Ozon die im Chlor ebenfalls überträfe. Nimmt man die im Vorhergehenden geprüfte Säure als die, die positive Elektrode zunächst umgebende Flüssigkeit an, so würde die Polarisation durch Ozon (da man die durch Sauerstoff nun nicht noch aufser derselben rechnen kann) $= 24,4 - 7,6 = 16,8$ seyn müssen. Ich füllte Gasketten einerseits mit verdünnter Schwefelsäure, andererseits mit dieser Säure und elektrolytisch (aber nicht an der Platinplatte der Gaskette selbst) entwickeltem Sauerstoffgase; in einer anderen Versuchsreihe wandte ich statt dieses Sauerstoffes Luft an, durch welche ich lange Zeit hindurch hatte elektrische Funken schlagen lassen; aber in beiden Fällen fand ich die Kraft nur unbedeutend gröfser, als sie ohne Hinzufügung des Ozons gewesen wäre; sie war aber zu ungleichmäfsig, um gemessen zu werden. Ich gebe indefs den Gedanken noch nicht auf, in dieser Substanz die Stärke der Polarisation zu suchen; nach Hrn. Baumert's Versuchen dürfte nämlich nicht das Ozon, d. h. das Wasserstoffsuperoxyd, die polarisirende Kraft haben, sondern der allotrope Sauerstoff, der sich ja auch aus trockenem Sauerstoff durch die elektrischen Entladungen bildet. Von diesem gelangt aber nur eine äufserst geringe Spur zur Gaskette, denn er wird theils gleich bei der Entwickelung verbraucht, um Ozon

1) Diese Ann. L, 619. *
2) Diese Ann. LXXXIX. 38. *

Ozon zu bilden, theils geht er in die gewöhnliche Modification über, da er ja sonst fortfahren müfste Ozon zu bilden. Der allotrope Sauerstoff wirkt also nur im Entstehungsmoment als solcher polarisirend, und darum kann die Polarisation der positiven Elektrode sich in so steiler Curve bis zur Kraft Platin-Sauerstoff verlieren [1]), während die der negativen Elektrode nur den geringen Abfall bis Platin-Wasserstoff, vielleicht nur durch Wiederherstellung des alten Flüssigkeitszustandes, durchzumachen hat.

Dafs ein Strom bei Einschaltung einer Zelle mit verdünnter Schwefelsäure und mit Platinelektroden so sehr schlecht constant wird, hat gewifs ebenfalls in der Ablagerung der concentrirten Schwefelsäure am positiven, und des Wassers am negativen Pole seinen Grund. Wenn diese Flüssigkeiten das Maximum ihrer Concentration (um auch vom Wasser diesen etwas unpassenden Ausdruck zu brauchen) erreicht haben, so wird sich die elektromotorische Kraft der Flüssigkeiten zu den Platten nicht mehr ändern, und deshalb erreicht man bei den Messungen in der That bald das Polarisationsmaximum. Wenn aber der Strom noch weiter wirkt, so verdicken sich die Schichten der Schwefelsäure und des Wassers, und führen einen grofsen Leitungswiderstand ein, der bei der so sehr geringen Leitungsfähigkeit dieser Flüssigkeiten auch dann noch merklich werden kann, wenn noch aufserdem ein grofser Widerstand vorhanden ist. In diesem Sinne darf man wohl aufser von der Polarisation noch von einem Uebergangswiderstande reden, der von der Stromstärke gewissermafsen abhängig ist, aber nicht unbedingt, da er durch schwache Ströme langsam, durch starke schnell herbeigeführt wird.

1) Diese Ann. LXXIX, 105.*

IV. *Ueber das specifische Gewicht des Selens; von F. G. Schaffgotsch.*

Wie ich gefunden, wird Selen von einer wäfsrigen Lösung des schweflichtsauren Natrons in beträchtlicher Menge aufgenommen, durch Säuren aber, und zwar schwefelfrei, wieder daraus abgeschieden.

Bei Gelegenheit derartiger Versuche hatte ich das specifische Gewicht des Selens wiederholentlich geprüft und dafür höchst abweichende, von 3,9 bis 4,7 gehende Zahlen erhalten. Der Entdecker des Selens giebt bekanntlich seine Dichtigkeit zu 4,30 bis 4,32 an, welche Zahlen zwischen den beiden obigen liegen. Ich durfte hoffen den Grund so auffallender Abweichungen durch eine genaue Untersuchung ermitteln zu können, und stellte deshalb eine Reihe von mehr als dreifsig Versuchen an, durch welche ich den in Rede stehenden Gegenstand aufgeklärt zu haben glaube.

Zwei Punkte waren hiebei von Anfang an in Erwägung zu ziehen; einmal, in zunächst technischer Hinsicht, die unverkennbare Gefahr statt reinen Selens lufthaltiges zu untersuchen, ein Uebelstand, der für das in Stücken angewandte Material aus seiner Zähflüssigkeit, für das gepulverte aus seiner Schwernetzbarkeit erwächst; sodann, in physikalischer Hinsicht, die schon bekannte Erscheinung, dafs das Selen ein sehr verschiedenes Ansehen darbietet, jenachdem man es durch schnelle oder langsame Abkühlung aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeführt hat, d. h., um das Wesentliche hervorzuheben, je nachdem man es kurze oder lange Zeit in der Nähe des Erstarrungspunktes hat verweilen lassen, dafs es nämlich im ersten Falle glasig, mit glänzendem Muschelbruche, im zweiten körnig, mit völlig mattem, unebenen Bruche und, wie ich nach eigener Erfahrung hinzufüge, mit entschiedenen Anzeichen von Krystallisation auftritt. Eine Beziehung dieser beiden Zustände, welche man nicht selten an benachbarten

Stellen eines und desselben Stückes beobachtet, zur Dichtigkeit, in der Weise, dafs glasiges Selen leichter als körniges, konnte nach Analogie anderer Substanzen, z. B. des Anderthalb-Schwefelantimons erwartet werden und meine Versuche haben diese Erwartung durchaus bestätigt.

Nach dem Gesagten zerfällt die ganze Arbeit in zwei Hauptheile: 1) in die Untersuchung des glasigen und 2) in die des körnigen Selens. Daran schliefst sich 3) eine Anzahl hydrostatischer Wägungen von gemischtem, d. h. theilweise glasigem und theilweise körnigem Selen und 4) noch eine Untersuchung des blutrothen, flockigen Selens, wie es aus der Eingangs erwähnten Lösung durch Chlorwasserstoffsäure in der Kälte gefällt wird. Es ist kein Grund vorhanden, diefs letztere für verschieden von dem aus selenichter Säure durch schweflichte reducirten zu halten. Der Kürze wegen, nicht um die Vulgär-Nomenclatur der Chemie zu bereichern, soll es *Selenblut* heifsen.

I. *Glasiges Selen.* Siehe die Versuche 7, 8, 9, 13; ferner 2, 5, 6, und 10, 16, 17, 26.

Wenn geschmolzenes Selen in der Menge weniger Gramme unter gewöhnlichen Umständen der freiwilligen Erkaltung überlassen wird, so pflegt es durchweg glasig zu erstarren. Beschleunigte Abkühlung durch Eintauchen in Quecksilber von gewöhnlicher Temperatur ist ein sicheres Mittel, den glasigen Zustand hervorzurufen. Zehn Gramm Selen, bei anfangender Glühhitze in einem Glasrohr geschmolzen und in diesem noch flüssig in einem 14° R. warmen Bade von 14 Kilo. Quecksilber herumbewegt, erkalten in zwei bis drei Minuten. Die von mir für das spec. Gewicht des glasigen Selens erhaltenen Zahlen können in drei Gruppen gebracht werden, jenachdem sie sich auf erwiesen lufthaltiges, oder auf eines Luftgehaltes verdächtiges, oder endlich auf unverdächtiges Selen beziehen. Die erste Gruppe umfafst Versuche mit Selenstücken, die sich nachträglich als blasig auswiesen, sowie mit einem Selenpulver, welches selbst durch anhaltendes Kochen mit Wasser nicht luftfrei erhalten werden konnte. Die gefundenen Zahlen,

alle nothwendig falsch, weil viel zu niedrig, schwanken in ziemlich engen Gränzen um 3,9. Dafs ich sie überhaupt mittheile, findet hoffentlich seine Rechtfertigung in dem Bestreben, eine recht vollständige Darstellung zu geben und Jenen, die meine Versuche wiederholen oder gleichartige anstellen werden, die Arbeit zu erleichtern.

In die zweite Gruppe gehören die Versuche mit Selenstücken, in denen ihrer Behandlung nach nur wenig Luft zu vermuthen war, die aber allerdings hinterher auf ihren Luftgehalt nicht untersucht wurden. Die Zahlen gehen von 4,259 bis 4,269 (bei 16° R.) und haben einigen relativen Werth, in sofern sie eine untere Gränze für das spec. Gewicht darstellen.

Die Versuche der dritten Gruppe endlich betreffen theils eine blasenfreie Selenstange, theils luftfreies Pulver, zu dessen Gewinnung mich zwei Wege führten, einmal die beharrliche Bearbeitung des feingeriebenen, unter Wasser gebrachten Selens mittelst der Luftpumpe, sodann die Anwendung des Alkohols statt des Wassers, welche die Luftpumpe ganz entbehrlich macht und, sobald Dichtigkeit und Temperatur des Alkohols sorgfältig bestimmt werden, genaue und übereinstimmende Ergebnifse liefert. Die Zahlen dieser Gruppe schwanken von 4,276 bis 4,286. Das Mittel ist 4,282 (bei 16° R.).

II. Körniges Selen. S. diese Vers. 11, 12, 18, 19, 22, 28, 30, 31, 32.

Die Aufgabe, flüssiges Selen langsam und gleichmäfsig erkalten zu lassen, konnte ich anfangs durch kleine Oel- und Sandbäder nur unvollständig lösen und schwanken die so für das spec. Gewicht des körnigen Selens in Stücken und in Pulverform gefundenen Zahlen zwischen 4,73 und 4,77. Später erhielt ich ein noch schwereres, höchst feinkörniges und stellenweise selbst bei schwacher Vergröfserung die deutlichste Glaskopfstruktur zeigendes Selen durch folgendes Verfahren. Acht bis zwölf Gramm Selen, in einem Glasrohr befindlich, wurden mit einer Masse von 8 bis 9 Kilo. Sand umgeben, darin bis 200° R. erhitzt, bei dieser

Temperatur eine Zeit lang erhalten und dann der freiwilligen Erkaltung überlassen. Letztere betrug zu Anfang, wo sie am raschesten verlief, 0°,4 R. in der Minute. Das so behandelte Selen wurde nur als Pulver und stets unter Alkohol zum Versuch genommen. Vier verschiedene Mengen gaben von 4,796 bis 4,805 gehende Zahlen. Das Mittel ist 4,801 und liegt 12,1 Proc. über 4,282. Zur Vergleichung wurde auch Schwefel einem ganz ähnlichen Verfahren unterworfen und sein spec. Gewicht 2,06 gefunden.

III. *Gemengtes Selen.* S. die Vers. 1, 3, 4, und 23, 24, 25.

Die hieher gehörenden Zahlen ergaben sich theils aus gemeinschaftlichen Wägungen von einzeln erkennbarem glasigen und körnigen Selen, theils aus den viel wichtigeren Wägungen solchen ursprünglich ganz glasigen Selens, das, noch feucht von vorausgegangenen hydrostatischen Versuchen, behufs des Trocknens einer ziemlich hohen, übrigens nicht gemessenen Temperatur ausgesetzt worden und so zum Theil in den körnigen Zustand übergegangen war. Die Zahlen, von denen man der Natur der Sache nach keine andere Uebereinstimmung erwarten kann, als dafs sie sämmtlich zwischen 4,26 und 4,80 liegen müssen, schwanken von 4,39 bis 4,53.

IV. *Selenblut.* S. die Vers. 14, 15, 20, 21, 27, 29

Es erscheint unter dem Mikroskop in Form schwammiger, ganz unkrystallinischer, undurchsichtiger Lappen und ist in Folge dieser Gestaltung sehr voluminös, in der Art etwa, wie ein Haufen gerollter und zerknitterter Stanniolblättchen sehr voluminös seyn müfste im Vergleich zu einem ebenso schweren soliden Zinnblock. Eine Erwärmung des umgebenden Wassers auf 40° R. genügt, das Selenblut grauschwarz zu färben, wobei es rasch auf ungefähr ein Zehntheil seines scheinbaren Umfanges zusammenschrumpft. Um zu entscheiden, ob sein specifisches Gewicht es dem glasigen oder dem körnigen Selen an die Seite stellt, habe ich möglichst grofse Mengen sowohl des rothen, als des geschwärzten Niederschlags von verschiedener Bereitung in

verhältnifsmäfsig geräumigen Gefäfsen unter Wasser gewogen und so, abgesehen von drei mangelhaften Bestimmungen, für das ungeschwärzte Selenblut 4,245 bis 4,275, im Mittel 4,259, für das geschwärzte 4,250 und 4,277, im Mittel 4,269 (bei 16° R.) gefunden, sämmtlich Zahlen, die unter sich und mit der Dichtigkeit des glasigen Selens soweit übereinstimmen, als ich es bei der Schwierigkeit dieser Untersuchung nur erwarten konnte.

Es mag nun hier die umständliche Beschreibung aller zur Ermittlung des spec. Gewichts des Selens angestellten Versuche Platz finden und zwar nach ihrer zeitlichen Reihenfolge. Ich bemerke, dafs alle Temperaturen in Réaumur'schen Graden angegeben und die Umrechnungen der Wasser- und Alkoholvolume von einer Temperatur auf die andere nach den Angaben Kopp's (s. d. Ann. LXXII.) geschehen sind. Unter s ist das specifische Gewicht bei der Temperatur des Versuchs, unter S das für 16° berichtigte zu verstehen. Alle unbenannten Gewichtszahlen bedeuten Gramme.

1. *Versuch.* Ein Selenstück, auf der Bruchfläche halb glasig, halb körnig, wiegt in der Luft 11,9083 und, auf einem mittelst eines Messingbügels und Frauenhaares aufgehängten Uhrglase, in Wasser von 12° gesenkt 9,2403. Gewichtsverlust: 2,6680; also $s = 4,4634$ und $S = 4,4673$.

2. *Versuch.* Eine Selenstange von durchweg muscheligem Bruch und rothbraunem Strich wiegt in der Luft 6,8563, im Wasser von 13° auf dem Uhrglas 5,2490. Gewichtsverlust: 1,6073; also $s = 4,2657$ und $S = 4,2686$.

3. *Versuch.* Das Stück des ersten und die Stange des zweiten Versuchs, zusammen 18,7646 schwer, wiegen, mit einander auf dem Uhrglas in Wasser von 13° gesenkt, 14,4905. Gewichtsverlust: 4,2741; also $s = 4,3903$ und $S = 4,3933$. Diese Zahl wird durch Rechnung folgendermafsen bestätigt. Für die Stange ist gefunden $s = 4,2657$, für das Stück, auf 13° umgerechnet, $s = 4,4644$; hieraus ergiebt sich, da auch die absoluten Gewichte beider bekannt sind, nach einer bekannten Formel (s. d. Ann. LXXI,

p. 129.) für Stück und Stange vereint $s = 4,3897$ und $S = 4,3927$ in sehr naher Uebereinstimmung mit dem Versuch.

4. *Versuch.* Das Selenstück des ersten Versuchs wird im Achatmörser gepulvert, durch ein Drahtnetz gesiebt, in einem tarirten Fläschchen mit Wasser angerührt und mittelst der Pumpe soweit von Luft befreit, dafs der im Hals der Flasche stehende Wasserspiegel beim plötzlichen Zulassen von atm. Luft unbewegt bleibt (s. d. Ann. LXVIII, p. 153.). Der Inhalt, der bei 13½° geschlossenen Flasche, Selen und Wasser, wiegt 20,4348. Durch einen Glasheber, dessen kurzer Schenkel kapillar ausgezogen ist, vom überstehenden Wasser befreit und im luftleeren Raum neben Schwefelsäure getrocknet, wiegt das Selen nach 24 Stunden unveränderlich 11,2620. Die Flasche fafst nach einem besonderen Versuch bei 15½° 11,657, also bei 13½° 11,6624 Wasser. Hieraus berechnet sich das spec. Gewicht des Pulvers $s = (11,2620 + 11,6624 - 20,4348) : 11,2620 = 4,5236$ und $S = 4,5262$.

5. *Versuch.* Das Selenpulver des vorigen Versuchs wird in einem in Luft und Wasser tarirten fingerhutförmigen Platingefäfs (s. H. Rose's Handb. d. an. Ch. II, p. 1024) zusammengeschmolzen, durch wiederholtes Klopfen die Entwicklung eingeschlofsner Luft befördert und die Oberfläche abgeschäumt. Freiwillig erkaltet wiegt das Selen in der Luft 9,2550 und 6 Stunden später in Wasser von 14½° 7,0737. Gewichtsverlust 2,1813; also $s = 4,2429$ und $S = 4,2444$. Vierundzwanzig Stunden nach dem Erkalten wiegt dasselbe Selen in Wasser von 15½° 7,0760. Siebenundvierzig Stunden nach dem Erkalten ist das Gewicht in Wasser von 15° 7,0793. Anhängende Luftblasen sind nicht vorhanden. Nach 70 Stunden wiegt das Selen in Wasser von 14½° 7,0810. Gewichtsverlust: 2,1740; $s = 4,2571$; $S = 4,2586$. Nun findet im Wasser keine weitere Gewichtszunahme statt.

6. *Versuch.* Das Selen des letzten Versuchs wird in seinem Behälter geschmolzen und in Wasser von 14½° gegossen. Die erstarrte zusammenhangende Masse zeigt beim

Zerschlagen überall muscheligen Bruch und wiegt, in einem offenen 15 Ccm. haltenden Platintiegel auf das Uhrglas des ersten Versuchs gesetzt, unter Wasser von $14\frac{3}{4}°$ dreifsig Minuten nach dem Erkalten 7,0565. Erst im Luftbade, dann in einer Trockenflasche und über Nacht im luftleeren Raum neben Schwefelsäure getrocknet, wiegt es in der Luft unveränderlich 9,2207. Gewichtsverlust: 2,1642: also $s = 4,2606$ und $S = 4,2618$.

7. *Versuch.* Das Material des letzten Versuchs wird im Platintiegel geschmolzen und in Wasser von $14\frac{1}{2}°$ getropft, wo es zu 42 gestielten Kugeln erstarrt. Die Stiele werden abgebrochen und die Kugeln auf dem Uhrglas in Luft 4,0200, in Wasser von 14° 2,9880 schwer gefunden. Gewichtsverlust: 1,0320; mithin $s = 3,8954$ und $S = 3,8972$.

8. *Versuch.* Von den Kugeln des vorigen Versuchs mögen 21 mit *A*, die übrigrn 21 mit *B* bezeichnet werden, von den Kugeln *B* aber wiederum 11 mit *B, a* und die übrigen 10 mit *B, b*. Die Kugeln *A* wiegen auf dem Uhrglas in Luft 1,8880, in Wasser von 14° 1,4060. Gewichtsverlust: 0,4820; folglich $s = 3,9170$ und $S = 3,9188$. Für *B* findet man durch Rechnung nach einer bekannten Formel $S = 3,8782$.

9. *Versuch.* Die Kugeln *B, a*, ebenso wie früher *A* gewogen, sind in der Luft 1,1095, in Wasser von 14° 0,8238 schwer. Gewichtsverlust: 0,2857; $s = 3,8834$; $S = 3,8852$. Hieraus berechnet sich endlich für die Kugeln *B, b* $S = 3,8705$, so dafs diese letzteren von allen die leichtesten sind und zumeist den Verdacht innerer Hohlräume erwecken. Zerschlagen erscheinen in der That alle zehn bei 40facher Linearvergröfserung voll von Blasen, acht davon schon für das blofse Auge. Die übrigen 32 Kugeln sind gleichfalls von Blasenräumen durchzogen, in denen übrigens nur Luft und durchaus kein Wasser zu finden ist. Man bemerkt, dafs der Luftgehalt unter den verschiedenen erstarrten Tropfen sich ziemlich gleichmäfsig vertheilt. Er beträgt in Volumen-Procenten $\sigma : 100 (\sigma - 3,897)$, wenn σ das spec. Gew.

des glasigen Selens bei 16° bedeutet oder 9 Proc., wenn $\sigma = 4{,}282$.

10. *Versuch.* Die Selentropfen der drei letzten Versuche werden im Achatmörser gepulvert, mit Wasser angerieben und während dreier Tage durch die Pumpe von Luft befreit. Nach Art des sechsten Versuchs unter Wasser von 14° gewogen, hat das Pulver ein Gewicht von 2,3555. Das Gewicht in der Luft ist nach vollständiger Austrocknung durch Wasserbad und Trockenflasche 3,0750. Gewichtsverlust: 0,7195; also $s = 4{,}2738$ und $S = 4{,}2758$.

11. *Versuch.* Ungefähr 9 Gramm Selen in Pulver und Bruchstücken, sämmtlich von dem Stück des ersten Versuchs herrührend, werden in ein Glasrohr und mit diesem in eine 300 Gramm schwere, durch eine Weingeistlampe erhitzte Oelmasse gebracht. Bei einer Temperatur von 130° bis 150° findet noch kein Zusammenschmelzen statt, wohl aber sogleich in der Flamme der Lampe. Das flüssige Selen wird nun in und mit dem 150° warmen Oelbade erkalten gelassen. Der erstarrte blasige Klumpen wiegt in Luft 9,0118, in Wasser von $14\frac{1}{2}$° nach Art des sechsten Versuchs gewogen 6,9505, woraus sich wegen entschiedenen Luftgehalts ein zu niedriges spec. Gewicht ergeben mufs. Es ist $s = 4{,}3719$. Nach Entfernung der Luft durch die Pumpe wiegt der Klumpen in Wasser von 14° zunächst 7,0495, sieben Minuten später 7,0675, zwei Stunden nach diesem 7,0920, zwei Tage später 7,1168 bei 14°,3, worauf keine weitere Zunahme stattfindet. Der Gewichtsverlust beträgt hienach 1,9050, so dafs $s = 4{,}7306$ und $S = 4{,}7325$. Aus dem Wasser genommen und oberflächlich abgetrocknet wiegt der Klumpen jetzt 9,1515, enthält also 0,1397 Wasser in seinen Höhlungen. Diesem Wasser entsprechen an Volumen 0,6608 Selen, woraus sich das spec. Gewicht des von Wasser nicht durchzogenen Klumpens bei 14°,3 zu 4,408 berechnet, d. h. etwa $\frac{4}{5}$ Proc. höher, als es bei 14°,5 gefunden worden. Die Uebereinstimmung mufs in Anbetracht der Unmöglichkeit, die Aufsenseite ohne

Wasserverlust aus dem Innern abzutrocknen, genügend erscheinen.

12. *Versuch.* Der Klumpen des vorigen Versuchs wird zerschlagen und zeigt sich voll Höhlungen bei mattem erdigen Bruch; er hat grauschwarzen Strich, ist nicht spröde und läfst sich schwer pulvern. Mit Wasser angerieben, von Luft durch die Pumpe gereinigt, wiegt das Pulver in der Vorrichtung des sechsten Versuchs unter Wasser von $14\frac{1}{4}$° 6,6508; im Wasserbade, dann durch Schwefelsäure getrocknet wiegt es in der Luft unveränderlich 8,4330. Gewichtsverlust: 1,7822; also $s = 4{,}7318$ und $S = 4{,}7337$. Von diesem Selen werden, um seine Reinheit zu prüfen, 0,5038 einer bis zur starken Rothgluth ansteigenden Temperaturerhöhung ausgesetzt. Der rothgelbe Rückstand wiegt 0,0005, d. i. $\frac{1}{10}$ Proc. Ferner werden 0,5025 desselben Selens mittelst Salpetersäure im Wasserbade oxydirt, wozu ungefähr $8\frac{1}{2}$ Stunden erforderlich sind, und in der etwas verdünnten Lösung durch salpetersauren Baryt keine Schwefelsäure entdeckt.

13. *Versuch.* Die Selenstange des zweiten Versuchs wird gepulvert, mit Wasser angerieben, dann drei Viertelstunden lang mit Wasser gekocht. Das Pulver wiegt, dem Anschein nach noch lufthaltig, im Apparat des fünften Versuchs unter Wasser von 15° 4,4720, und nach anhaltendem Trocknen in der Luft 6,0005. Gewichtsverlust: 1,5285; also $s = 3{,}9257$ und $S = 3{,}9267$. Wenn $\sigma = 4{,}282$, so umschlofs dieses ausgekochte Pulver noch 8,3 Volumen-Procente Luft.

14. *Versuch.* Eine wäfsrige Auflösung von krystallisirtem neutralem schweflichtsaurem Natron, das 10,9 Proc. wasserfreies schwefelsaures Natron und 48,9 Proc. Wasser enthält, wird 13 Stunden mit ungefähr $6\frac{1}{2}$ Gramm Selen, welches von der Stange des zweiten Versuchs herrührt, gekocht und bei 13° mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt. Das gefällte Selenblut wird auf einem Filter mit kaltem Wasser vollständig ausgewaschen und über Schwefelsäure getrocknet, wobei es eine braunrothe Färbung annimmt.

Die Ausbeute beträgt 4,55 Gramm, welche mit Wasser verrieben unter die Glocke der Luftpumpe gebracht werden. Als das Aufschäumen nachgelassen, wird der gröfste Theil des nassen Selenbluts in einen Platintiegel gefüllt und nach Art des sechsten Versuchs unter Wasser von $17\frac{1}{2}°$ gewogen. Hier wiegt es 3,215 und über Nacht neben Schwefelsäure in den luftleeren Raum gebracht, scheinbar trocken zunächst 5,8500, später aber 4,8500 und zuletzt unveränderlich 4,4340. Gewichtsverlust: 1,2190; $s = 3,6374$; $S = 3,6358$.

15. *Versuch.* Der vierzehnte Versuch, mit demselben Selen genau wiederholt, giebt für das Gewicht in Wasser von $17\frac{1}{2}°$ 3,1095 und für das Gewicht in Luft 4,3325. Gewichtsverlust: 1,2230; $s = 3,5425$; $S = 3,5409$. Der Mangel an Uebereinstimmung zwischen den beiden letzten Versuchen zeigt, dafs diese Untersuchungsmethode kein richtiges Ergebnifs liefert und begründet die Vermuthung, dafs sich Selenblut, wenn es einmal zusammengetrocknet war, nicht mehr gleichmäfsig mit Wasser benetzen läfst. Ein Theil der Substanz wird durch Salpetersäure oxydirt und die verdünnte Auflösung mittelst Chlorbaryum frei von Schwefelsäure gefunden; ein anderer Theil, an Gewicht 1,1455, wird vorsichtig geschmolzen und wiegt jetzt 1,1450, so dafs der Verlust nur 0,044 Proc. ausmacht.

16. *Versuch.* Das Material des 14ten und 15ten Versuchs wird mit Hintansetzung der Vorsichtsmafsregeln des fünften in einem Glasrohr zusammengeschmolzen und in Quecksilber gekühlt. Der erstarrte Kuchen wird ohne Verunreinigung durch Glassplitter herausgeschlagen und in elf Stücke zertrümmert, welche in der Luft 3,4580, im Fingerhut unter Wasser von $17\frac{1}{2}°$ aber nach Anwendung der Luftpumpe 2,6295 wiegen. Gewichtsverlust: 0,8285; also $s = 4,1740$. Um diese Zahl zu berichtigen, pulvere ich das Selen, reibe es mit Wasser an und entferne die Luft mit der Pumpe. Im Fingerhut unter Wasser von $17\frac{1}{2}°$ wiegt das Pulver 1,6965 und durch Wärme getrocknet in der Luft 2,2125. Gewichtsverlust: 0,5160; folglich $s = 4,2878$ und $S = 4,2859$.

17. *Versuch.* Eine durchaus glasige Selenstange wiegt in der Luft 5,1783, im Fingerhut unter Wasser von 18°,3 aber 3,9698. Gewichtsverlust: 1,2085; also $s = 4,2849$ und $S = 4,2822$.

18. *Versuch.* Dasjenige Selenpulver, dessen gröfster Theil schon zum zwölften Versuche gedient hat, wird im Oelbade des elften eine Stunde lang bei 145° erhalten, ohne zu schmelzen. Das weitere Verfahren ist genau das des letztgedachten Versuchs. Die höchste Temperatur des Oelbades ist 147° und sinkt in fünfunddreifsig Minuten auf 122°. Vier Stunden zwanzig Minuten daranf ist sie 67°, 1 St. 35 Min. später 55°, dann nach je 30 Min. 46° und 26°, endlich noch eine Stunde später 21°. Zwölf Stunden nach diesem wird der Klumpen aus dem Glasrohr genommen. In drei Stücke zerschlagen, wiegt er in der Luft 7,5805 und im Fingerhut unter Wasser von 19½° 5,9935. Gewichtsverlust: 1,5870; mithin $s = 4,7766$ und $S = 4,7718$.

19. *Versuch.* Das Selen des vorigen Versuchs wird gepulvert und ganz wie im zwölften behandelt. Es wiegt im Fingerhut unter Wasser von 19½° 5,6335 und getrocknet in der Luft 7,1245. Gewichtsverlust: 1,4910; also $s = 4,7783$ und $S = 4,7735$.

20. *Versuch.* Eine Lösung von 60 Grm. des schon erwähnten Natronsulfids wird 11 Stunden lang mit 5,5 Selen gekocht, — mit dem ungelösten Rest des 14ten Versuchs und dem Material des 15ten —, aus der filtrirten Flüssigkeit bei 19½° das Selen durch Salzsäure gefällt, dann im Becherglase durch Dekantiren mit der Vorsicht, dafs es stets unter Wasser bleibt, kalt gewaschen und zuletzt noch durch die Pumpe von der doch vielleicht beigemengten Luft zu befreien gesucht. Ein Theil davon wiegt, in die Vorrichtung des sechsten Versuchs gebracht, bei 17° unter Wasser 1,4955, völlig getrocknet in der Luft 1,9545. Gewichtsverlust: 0,4590: folglich $s = 4,2582$ und $S = 4,2571$.

21. *Versuch.* Mit dem noch übrigen Selenblut der letzten Darstellung wird ein 27 Ccm. haltender Porcellantiegel gefüllt und nach Art des vorigen Versuchs in Was-

ser von $17\frac{1}{4}$° gesenkt. Das Gewicht des Selens ist im Wasser 2,4725, nach völligem Austrocknen in der Luft 3,2340. Gewichtsverlust: 0,7615; $s = 4{,}2469$, $S = 4{,}2454$.

22. *Versuch.* Die Materialien des 19ten und 20sten Versuchs werden in einem kleinen 280 Gramm schweren Sandbade zusammengeschmolzen, welches, von 220° an langsam erkalten gelassen, nach 9 Stunden 100°, nach 21 St. 90°, nach 22 St. 75°, nach 23 St. 60° hat. Der auf der Oberfläche schön röthliche Klumpen wird in 8 Stücke zerschlagen, die auf dem Bruch bei 80facher Vergröfserung krystallinisch-fasrig erscheinen. Sie wiegen in der Luft 7,6715 und nach gehöriger Bearbeitung mit der Pumpe in der Vorrichtung des fünften Versuchs unter Wasser von $14\frac{1}{2}$° 6,0620, endlich im Luftbade getrocknet 5,6705. Bei Zugrundelegung der letzten Zahl ist der Gewichtsverlust 1,6085; also $s = 4{,}7687$ und $S = 4{,}7704$. In diesem Versuch war ich bemüht, die langsame Abkühlung mit einer schwimmenden Weingeistlampe zu bewirken, die sich durch allmäliges Abfliefsen des sie tragenden Wassers beständig senkte.

23. *Versuch.* Das Selenblut des 21sten Versuchs, das sich beim Trocknen zuerst in einen schwarzgrauen zerreiblichen Kuchen, dann bei andauernder starker Erhitzung in ein halbgeschmolzenes unregelmäfsiges Klümpchen verwandelt hat, wiegt, nachdem etwas davon abgebröckelt ist, in der Luft 3,2280. Hierauf in Wasser von $14\frac{1}{2}$° gebracht und später durch die Pumpe von Luft befreit, wiegt es im Apparat des gedachten Versuchs anfangs 2,1450, sodann 2,5010, endlich ohne weitere Zunahme 2,5045. Gewichtsverlust: 0,7235; also $s = 4{,}4616$ und $S = 4{,}4632$.

24. *Versuch.* Das Klümpchen des 23sten Versuchs in unzählige Stücke zerklopft, in Wasser gebracht und ganz wie vorhin behandelt, wiegt jetzt in Wasser von 14° 2,7470, sodann im Luftbade getrocknet 3,1855. Gewichtsverlust: 0,7115; also $s = 4{,}4772$ und $S = 4{,}4793$.

25. *Versuch.* Die Selenstange des 17ten Versuchs wird zerrieben und ihr Pulver mit Weingeist von 95 Proc. Tr.

übergossen, der es sogleich vollständig benetzt. Durch Hinwegwaschen des Weingeistes eine durchgängige Benetzung des Pulvers mit Wasser ohne Hülfe der Luftpumpe herbeizuführen, ist ganz unmöglich, indem der Luftgehalt des Wassers vom Weingeist ausgetrieben wird und in Gestalt zahlloser Bläschen zwischen den Pulvertheilchen hängen bleibt. Das Selen wird nunmehr, um es von Wasser und Alkohol gänzlich zu befreien, einer anhaltenden starken Erwärmung ausgesetzt, sodann 3,8125 davon in der Maafsflasche des vierten Versuchs abgewogen. Das Gewicht des Gesammtinhaltes der mit Alkohol bei $13\frac{1}{2}°$ aufgefüllten Flasche beträgt 12,4815. Ein besonderer Versuch lehrt, dafs dieselbe Flasche von demselben Alkohol bei $16\frac{1}{2}°$ 9,2790 fafst oder 9,2853 bei 16° oder 9,3170 bei $13\frac{1}{2}°$. Aufserdem ist, wie beim vierten Versuch erwähnt wurde, ermittelt, dafs bei $15\frac{1}{2}°$ in demselben Gefäfs 11,6570 Wasser Platz haben oder 11,6556 bei 16° oder 11,6624 bei $13\frac{1}{2}°$. Aus diesen Zahlen läfst sich nun das spec. Gewicht des angewandten Alkohols und das spec. Gewicht des in Rede stehenden Selens finden. Für den angewandten Alkohol ist zunächst $S = 0,79664$ und diese Zahl kommt allerdings nach Meifsner's Tabelle bei 16° nicht dem absoluten Alkohol, sondern dem 98 procentigen Weingeist zu; gleichwohl darf der Ausdehnungscoëfficient des absoluten Alkohols ohne merklichen Fehler auf den Alkohol meiner Versuche übertragen werden. Auf 0° umgerechnet, wird das spec. Gewicht des letzteren 0,8122, während für reinen Alkohol von dieser Temperatur Kopp 0,8095 fand, Pierre 0,8151 und Meifsner nur 0,8066. Für das Gewicht des im gegenwärtigen Versuch durch das Selenpulver verdrängten Alkohols findet man $0,6780 = 3,8125 + 9,3170 - 12,4815$ und hieraus $s = 0,6780 . 11,6624 : 3,8125 . 9,3170 = 4,5276$ und $S = 4,5302$.

26. *Versuch.* Die Materialien des 22sten und 24sten Versuchs werden in einem Glasrohr zusammengeschmolzen und in Quecksilber gekühlt, der erstarrte Klumpen gepulvert und mit demselben genau nach Art des vorigen Ver-

suchs verfahren. Das Selen wiegt 9,4225, der zur Auffüllung nöthige Alkohol nach zwei Bestimmungen 7,5525 bei 14° und 7,5435 bei 15° oder auf 16° berechnet 7,5323 und 7,5331, im Mittel 7,5328. Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich: $S = (9{,}2853 - 7{,}5328)\ 11{,}6556 : 9{,}4225 . 9{,}2853 = 4{,}2832$.

27. *Versuch.* Vier Gramm vom Pulver der im 17ten Versuch erwähnten Stange werden von einer kochenden Lösung von 45 Grm. Natronsulfid binnen zehn Stunden gröfsten Theils aufgenommen, aus der filtrirten Flüssigkeit bei 13° durch Salzsäure gefällt und durch Dekantiren kalt gewaschen, ohne, wie beim 20sten Versuch, den Gebrauch der Luftpumpe darauf folgen zu lassen. Ein Theil des Selenbluts, in einem nach Art des Platinfingerhuts aufgehängten 42 Ccm. fassenden Porzellantiegel unter Wasser von 15° gewogen, ist im rothen Zustande 0,7623, im durch Wärme geschwärzten aber nach Anwendung der Pumpe 0,7673 schwer, welches Gewicht durch fortgesetztes Pumpen nicht erhöht wird. Sorgfältig getrocknet wiegt der geschwärzte Kuchen in der Luft unveränderlich 1,0015.

Bei dem rothen, nicht von Luft befreiten Selen ist der Gewichtsverlust 0,2392; also $s = 4{,}1869$; $S = 4{,}1897$; beim schwarzen luftfreien dagegen haben wir den Gewichtsverlust 0,2342, also $s = 4{,}2763$ und $S = 4{,}2774$.

Vorversuch zum 28. *Versuch.* Die Kapelle eines Windofens wird mit 7,6 Kilo. Sand gefüllt und durch Kohlenfeuer erhitzt. Sobald die Temperatur 206° erreicht hat, wird ein Glasrohr mit Schwefelblumen eingebracht und das Heizen eingestellt. Nach 17,5 Min. ist der Thermometerstand 200°, 38,5 Min. nach diesem 184°, dann nach je 30 Min, 172° — 160°,5 und 150°, endlich nach weiteren 150 Min. 101°. Die nach dem Erkalten aus dem Glase herausgeschlagene Schwefelstange ist bräunlich wie Geigenharz und schillert seidenartig auf der Oberfläche. Sie wird in 15 Stücke zerbrochen, welche in der Luft 5,3235 und in Wasser von 13° 2,7408 wiegen. Gewichtsverlust: 2,5827; $s = 2{,}0612$; $S = 2{,}0626$. Marchand und Scheerer fanden das spec.

Gewicht des gediegenen Schwefels 2,062 bis 2,070 (bei 14° R.?).

28. *Versuch.* Die Kapelle wird mit 8,5 Kilo. Sand gefüllt und wie im Vorversuch erhitzt. Eine Stunde nach dem Anheizen ist die Wärme des Sandes 60°, zwei Stunden später 201°. Eine Stunde darauf wird zu heizen aufgehört. Im Sande steckt ein Glasrohr mit dem Selenpulver des 26sten Versuchs, das völlig zusammenschmilzt. Drei Stunden nach der letzten Heizung ist die Wärme der Kapelle noch 186°, dann von halber zu halber Stunde 175°,5 — 163° — 151°,4 — 140°,2 — 128,8 — 118°,2 — 108°, endlich nach weiteren $2\frac{1}{2}$ Stunden 61° und 11 Stunden darauf 15°,5 oder 2° über der Lufttemperatur. Das Selen wird gepulvert und 7,9840 davon in der Maafsflasche abgewogen. Der Inhalt der mit dem Alkohol der früheren Versuche aufgefüllten Flasche ist, zweimal bestimmt, 15,9685 bei 14° und 15,9750 bei 13°, also 15,97175 bei $13\frac{1}{2}$°. Bei dieser Temperatur gehen aber, wie schon erwähnt, in denselben Raum 11,6624 Wasser und 9,3170 Alkohol. Daraus berechnet sich $s = (9{,}3170 + 7{,}9840 - 15{,}97175)$ $11{,}6624 : 7{,}9840 \,.\, 9{,}3170 = 4{,}7985$ und $S = 4{,}8013$. Von dem Selenpulver werden 4,8610 Alkohol klar abgegossen und im Wasserbade erwärmt; es bleiben als Rückstand 0,00075 eines weifslichen zähen Stoffs, d. h. 0,0154 Proc.

29. *Versuch.* Der Rest des unter Wasser aufbewahrten Selenbluts von der letzten Bereitung wird während dreier Tage mit der Luftpumpe bearbeitet, dann nach Art des 27sten Versuchs in einem 67 Ccm. haltenden Porcellantiegel unter Wasser von $12\frac{1}{2}$° gewogen. Hier wiegt es im rothen Zustand 1,3985, im geschwärzten, nach abermaliger Anwendung der Pumpe, 1,3960, endlich wohl getrocknet, in der Luft 1,8260. Der Gewichtsverlust ist bezüglich 0,4275 und 0,4300, mithin für das rothe Selen $s = 4{,}2713$ und $S = 4{,}2746$, für das schwarze $s = 4{,}2465$ und $S = 4{,}2498$.

30. *Versuch.* Ganz ähnlich wie im 28sten Versuche wird eine Sandmasse von 9,2 Kilo. erhitzt, in welcher sich

sich drei Glasrohre, jedes mit ungefähr 12,6 Grm. einer Mischung von glasigem und körnigem Selen gefüllt, befinden. Eine Stunde nach dem Anheitzen ist die Temperatur der Kapelle von 12° auf 60° gestiegen, je 30 Min. später auf 93° und 139°, dann nach je 15 Min. auf 156° — 169° — 180° — 188° — 194° — 200°, 45 Min. später auf 208°, endlich noch fünf Viertelstunden später auf 212°. Nun wird der Ofen geschlossen und die freiwillige Erkaltung abgewartet. Nach Verlauf von 55 Min. beträgt die Wärme des Sandes noch 211°, 4 Stunden 5 Min. darauf 126°, nach weiteren 5 Stunden 7 Min. 39° und endlich nach ferneren 4 Stunden 23 Min. 21°. Aus den völlig erkalteten Rohren werden die Selenklumpen herausgenommen und zerschlagen. Der erste derselben zeigt hie und da im Innern schon unter einer gewöhnlichen Lupe, besonders deutlich aber bei 40facher Vergröfserung, eine ausgezeichnete Glaskopfstruktur. Er wird zerrieben und 11,9863 des Pulvers in der Maafsflasche abgewogen. Der Inhalt der mit Alkohol aufgefüllten Flasche wiegt 19,2975 bei $14\frac{1}{2}$°, wovon 7,3112 auf den Alkohol kommen. Diese Menge hat gleiches Volumen mit 7,2966 Alkohol von 16°. Wird das letztere Gewicht mit p und das beim 25. Versuch angeführte spec. Gewicht des Alkohols von 16° mit d bezeichnet, so ergiebt sich für das Pulver des ersten Klumpens $S = (9,2853 - p) : 11,9863\ d = 4,8015$.

31. *Versuch.* Der zweite Selenklumpen hat dieselbe Struktur als der erste, und das spec. Gewicht seines Pulvers wird auf dieselbe Weise bestimmt. Das in die Flasche gebrachte Selen wiegt 12,4965, der darüber stehende Alkohol bei 15° 7,2230 oder auf 16° berechnet 7,2134 $= p$. Hienach ist $S = (9,2853 - p) : 12,4965\ d = 4,8048$. Ein Theil des gebrauchten Alkohols wird auf Glas verdunstet und bei 120facher Vergröfserung keine Spur von zurückbleibendem Selen gefunden.

32. *Versuch.* Der dritte Klumpen bietet unter dem Mikroskop keine so deutliche Struktur dar, als die beiden vorhergehenden. Sein Pulver wird auf die bekannte Art un-

tersucht. Der Inhalt der Flasche an Selen wird zu 12,3543, an überstehendem Alkohol bei 16½° zweimal übereinstimmend zu 7,2282 gefunden. Das entsprechende p ist 7,2330 und $S = (9{,}2853 - p) : 12{,}3543$ $d = 4{,}7955$.

Das Hauptergebnifs der so eben beschriebenen Versuche läfst sich in Folgendem zusammenfassen.

a) Das Selen hat zwei verschiedene specifische Gewichte, 4,282 und 4,801 (bei 16° R.). Das kleinere gehört einem amorphen, glasigen, das gröfsere einem krystallinisch-körnigen Zustande an, und beide Zustände lassen sich nach Willkühr in einander umwandeln.

b) Das blutrothe, flockige, kaltgefällte Selen hat die Dichtigkeit des amorphen, mag es nun durch Wärme sein scheinbares Volumen und seine Farbe geändert haben oder nicht.

V. *Ueber die Zusammensetzung des Wernerits*[1] *und seiner Zersetzungsproducte; von Gerhard vom Rath.*

Bei den vorliegenden Untersuchungen hatte ich vorzüglich folgende zwei Ziele vor Augen:

Zunächst die noch immer über die wahre chemische Zusammensetzung des Wernerits gehegten Zweifel, so viel an mir lag, zu zerstreuen;

dann aber zu ermitteln, wie sich die Zusammensetzung des Wernerits durch Verwitterung verändert.

Dieses zweifache Ziel verlangte natürlich eine doppelte Wahl der zur Analyse zu verwendenden Mineralien.

Um die ursprüngliche Zusammensetzung zu erforschen, mufste der Analyse möglichst frisches und unversehrtes Material unterworfen werden. Der erste Theil dieser Arbeit

1) Ich glaube hier den Namen beibehalten zu müssen, den die HH. G. Rose und G. Bischof in ihren Werken angenommen haben.

führt 10 Analysen auf, welche geeignet scheinen, zur Aufklärung des ersten Punktes Einiges beizutragen.

Entscheidendes über die Wege, welche die Verwitterung des Wernerits zu gehen geneigt ist, konnte ich nur dadurch erfahren, dafs ich die chemische Analyse auch auf verwitterte Wernerite ausdehnte. Je weiter die Zersetzung voran geschritten war, desto geeigneter schienen sie für meinen Zweck. Die Wirkung der Verwitterung trat alsdann klarer hervor, weniger verdeckt durch die Fehler der Analyse oder die Unsicherheit in der Kenntnifs der ursprünglichen chemischen Zusammensetzung. So griff ich denn zu individualisirten Mineralien: Glimmer und Epidot, und zu mineralischen Massen, denen weder eine bestimmte Zusammensetzung noch eine eigene Form zukam. Alle zu diesem Zwecke der Analyse unterworfenen Substanzen trugen ein unwidersprechliches Zeugnifs, dafs sie ehemals Wernite gewesen waren: — Die vom Wernerit entlehnte Krystallform. —

Meinen verehrten Lehrern, den HH. Gustav Bischof und Gustav Rose, die theils mich zu diesen Untersuchungen veranlafsten, theils mir eine wesentliche, ununterbrochene Hülfe dabei leisteten, bin ich verpflichtet, hier meinen warmen Dank auszusprechen. Dem Hrn. Prof. Rammelsberg, in dessen Laboratorio ich die folgenden Analysen ausführte, bin ich ebenfalls zu herzlichem Danke verpflichtet.

Das Geschichtliche der Wernerite hier zu erwähnen, gestattet der Raum nicht. Ueber alle hierhin gehörige Analysen hat am ausführlichsten berichtet Wolff: *De compositione fossilium Ekebergitis, Skapolithi et Mejonitis. Berol.* 1843.

Rammelsberg's 5. Suppl. zum Handwörterbuch, welches sich unter der Presse befindet, führt in kurzer Uebersicht alle zuverlässigen Analysen der hierhin gehörigen Mineralien auf. Diese ist am besten geeignet, eine Einsicht in die so verschiedenartige Zusammensetzung der Wernerite zu geben.

Ueber die Arbeiten, welche auf Wolff's Untersuchun-

gen gefolgt sind, habe auch ich kurz berichtet in meiner Dissertation: *De compositione et destructione Werneritis fossilis. Berol.* 1853.

Gang der Analyse.

Da nur wenige der von mir untersuchten Mineralien in Chlorwasserstoffsäure löslich waren, und in allen sowohl die Kieselsäure als auch die Alkalien bestimmt werden mufsten, so mufste jede Analyse gewöhnlich eine doppelte seyn; die eine bestimmte Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia, die andere Thonerde, Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia, Kali, Natron.

Weil selbst verdünnte Essigsäure das Mineral meist etwas angriff, so wurde es zur Befreiung von kohlensaurem Kalke nur in seltenen (unten näher angegebenen) Fällen, in denen es durchaus nöthig schien, mit Essigsäure behandelt. — Durch einen besonderen Versuch bestimmte ich die Kohlensäure. Auf diese Weise fand ich die Menge von Kalkcarbonat, welche die Analysen meist angeben. Es bleibt dabei immer unentschieden, ob der Kalk des Carbonats früher an Kieselsäure gebunden, einen Bestandtheil des Minerals ausmachte, oder ursprünglich als Carbonat vorhanden war. Hiervon indefs weiter unten.

Zur ersten Analyse wurde das Pulver mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen.

Nachdem die Kieselsäure auf bekannte Weise bestimmt war, wurde Thonerde und Eisenoxyd mit Ammoniak gefällt. Der Niederschlag wurde auf dem Filter stets wieder gelöst und zum zweiten Male gefällt, um ihn von den mitgefallenen Mengen von Kalkerde und Magnesia zu befreien. Um indefs die Thonerde von der geringen Menge Kieselsäure, welche sie meist enthält, zu scheiden, genügt es nicht, die weifsen Körner, welche sich aus der frisch gefällten Thonerde nicht wieder lösen, abzusondern. Man mufs die geglühte Thonerde mit Schwefelsäure aufschliefsen, indem man letztere über der gepulverten Thonerde zum Sieden erhitzt. Dabei bleibt die Kieselsäure ungelöst zurück; sie

wurde filtrirt und gewogen. Der Kalk wurde mit reiner Oxalsäure (sie enthielt nur 0,5 Proc. feuerbeständiges Alkali) gefällt, und als Carbonat gewogen. Immer prüfte ich dieses auf Thonerde, und fand nicht selten geringe Mengen davon. Es ist mir nicht gelungen, die Bedingungen auszumitteln, unter denen die Thonerde vollständig gefällt wurde. Ob ich die Lösung mit Ammoniaksalzen stark versetzte, ob ich die Thonerde mit grofsem oder geringem Ueberschusse von Ammoniak fällte, unter all diesen Verhältnissen zeigte sich beim kohlensauren Kalke zuweilen eine geringe Menge von Thonerde, zuweilen nicht. Was phosphorsaures Natron in der vom oxalsauren Kalke abfiltrirten ammoniakalischen Lösung fällte, wurde als phosphorsaure Magnesia gewogen; meist war ihre Menge so gering, dafs eine nähere Untersuchung derselben nicht wohl möglich war. Die Trennung der Magnesia von der Thonerde, so wie von der Kieselsäure, mit der vielbasische Verbindungen einzugehen, sie grofse Neigung hat, ist für den Analytiker eine schwere Aufgabe. Die alkalische Lösung, das Filtrat von der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia, wurde stark eingedampft und lange stehen gelassen (gewöhnlich gegen 8 Tage), wodurch sich zuweilen noch ein geringer Niederschlag zeigte.

Um die Alkalien zu bestimmen, leitete ich nach der von Laurent angegebenen Methode die Dämpfe der Fluorwasserstoffsäure in das Wasser, worin das feine Mineralpulver eingerührt war. Nachdem das Hindurchleiten der Dämpfe 5 bis 6 Stunden fortgesetzt worden, verdampfte ich im Wasserbade zur Trocknifs, und rauchte dann über den Fluormetallen verdünnte Schwefelsäure ab. Wenn ich auch zu Ende dieser Operation die Hitze noch keineswegs so steigerte, dafs der Boden der Schale dunkelroth glühte, so war es mir dennoch in manchen Fällen nicht möglich, durch Auswaschen den schwefelsauren Kalk von Thonerde und Eisenoxyd zu scheiden. Darum wurde er fast immer, nachdem er gewogen, mit kohlensaurem Natron geschmolzen. Die geschmolzene Masse wurde in verdünnter Salzsäure

gelöst, Thonerde und Eisenoxyd durch Ammoniak, die Kalkerde durch Oxalsäure gefällt, und Alles einzeln nochmals gewogen.

Die Hauptlösung, das Filtrat vom schwefelsauren Kalke, versetzte ich mit Ammoniak, trennte Thonerde und Eisenoxyd durch Aetzkali, indem ich das Eisenoxyd vorher durch schwefligsaures Natron zu Oxydul reducirte. Da ich nicht ganz Kohlensäure-freies Kali hatte, so fällte ich im Filtrat vom Eisenoxyd geringe Mengen von Kalkerde und Magnesia, welche durch das Ammoniak mit den schwachen Basen gefällt worden waren. Aus der Kali-reichen Lösung, welche vom Eisenoxydul-Niederschlage abfiltrirte, fällte ich die Thonerde durch Ammoniumsulfhydrat, nachdem ich die Flüssigkeit zuerst durch Chlorwasserstoffsäure übersättigt, dann wieder durch Ammoniak genau neutral gemacht hatte. Dieses Reagens ist gewifs noch besser als kohlensaures Ammoniak; dennoch enthält die Thonerde zuweilen selbst nach 5 bis 6tägigem Auswaschen noch kleine Mengen von Kali. Das Sicherste ist, den Niederschlag auf dem Filter nach längerem Auswaschen nochmals zu lösen. Aus der Hauptlösung wurde mit Oxalsäure der Kalk gefällt, dann das Filtrat verdampft. Dafs meine Analysen meist einen geringen Verlust ergaben, mag wohl darin seinen Grund haben, dafs es überaus schwierig ist, ohne Verlust an den nichtflüchtigen Alkalien Salmiak und zumal schwefelsaures Ammoniak zu verjagen. Die zurückbleibenden schwefelsauren Salze von Magnesia, Kali und Natron wurden in wenig Wasser gelöst und mit Barytwasser unter Hinzufügung einiger Tropfen Chlorbaryum gekocht. Im Niederschlage wurde die Magnesia bestimmt. Kali und Natron wurden zusammen als Chlormetalle gewogen, das Kali als Kaliumplatinchlorid, das Natron aus dem Verluste bestimmt. Ich versäumte nicht, mich zu überzeugen, das das Filtrat vom Kaliumplatinchlorid frei war von Baryt, Thonerde etc.

Der Glüheverlust, bestimmt durch Trocknen kleiner Stückchen des Minerals im Rammelsberg'schen Apparat und nachheriges Glühen, wird in den folgenden Analysen

als »Wasser« aufgeführt, wenn die Prüfung im Kolben Wasser angezeigt hatte.

I. Mejonit, $\dot{Ca}^3\dddot{Si} + 2\dddot{\bar{Al}}\dddot{Si}$.

Wir stellen unsere Analysen diejenigen des Mejonits voran, weil er bei einer Untersuchung über die Wernerite als der geeignetste Ausgangspunkt erscheint. Seine physikalischen Eigenschaften lassen ihn nämlich mit Gewifsheit als ein noch unverändertes Mineral erkennen.

Die Krystalle sind in Begleitung von grünem Augit und (doch seltener) Anorthit (der sich zum Feldspath zu verhalten scheint wie der Mejonit zum Skapolith) in Drusen von Blöcken körnigen Kalksteins am Monte Somma aufgewachsen. Das Aussuchen der Mejonitkrystalle von dem Anorthit erfordert die gröfste Vorsicht. Eine Beimengung von Anorthit-Masse bedingte wahrscheinlich das Abweichende der älteren Mejonit-Analysen. Der Bruch der Krystalle ist muschlig, ihre Spaltbarkeit nicht sehr vollkommen parallel dem zweiten quadratischen Prisma, noch unvollkommner parallel der geraden Endfläche. Das specifische Gewicht fand ich mit verschiedenen Stückchen

2,734

2,737

also nicht unbedeutend höher, als man es bisher annahm. Vor dem Löthrohre schmilzt der Mejonit unter starkem Aufschäumen zu einem blasigen farblosen Glase. Chlorwasserstoffsäure zersetzte das feine Pulver vollkommen; doch schied sich dabei den bisherigen Angaben entgegen die Kieselsäure nicht als Gallerte, sondern als Pulver ab. Einige Krystalle waren mit einer mattweifsen Haut von kohlensaurem Kalke bedeckt. Die Analyse, mit vollkommen durchsichtigen Krystallen ausgeführt, lieferte:

			Sauerstoffmengen.		
Kieselsäure	42,55	Proc.		22,11	3
Thonerde	30,89	»	14,44	14,56	1,98
Eisenoxyd [1])	0,41	»	0,12		
Kalkerde	21,41	»	6,09	6,90	0,94
Magnesia	0,83	»	0,33		
Kali	0,93	»	0,16		
Natron	1,25	»	0,32		
Flüchtige Theile	0,19	»			
	98,46.				

Unsere Analyse liefert das Sauerstoffverhältnifs so wenig von dem durch die obige Formel verlangten

1 : 2 : 3

verschieden, dafs sie zusammen mit den Analysen von Stromeier und Wolff kaum mehr einen Zweifel über die wahre Zusammensetzung des Mejonits übrig lassen möchte. Der Epidot hat bekanntlich ebenfalls das Sauerstoffverhältnifs = 1 : 2 : 3; Epidot und Mejonit sind heteromorphe Substanzen, worauf wir später, wenn wir das Auftreten des Epidots in der Form des Mejonits betrachten, zurückkommen werden.

II. Skapolith $\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 2\ddot{R}\dddot{Si}$

O von $\dot{R}$, $\ddot{R}$, $\dddot{Si}$ = 1 : 2 : 4.

1) *Blauer Skapolith von Malsjö bei Karlstadt in Wermeland.* Derb, bläulich-weifs mit einem Stiche ins Violblau, an den Kanten durchscheinend. Härte wenig unter Feldspath. Das specifische Gewicht ist

2,763.

Im Kolben giebt er Wasser; in einer offnen Röhre auf Fluor geprüft, zeigte sich das Glas nicht angegriffen. Vor dem Löthrohre verliert er bei geringer Hitze seine Farbe und wird weifs, bei stärkerer schmilzt er unter Aufschäumen zu einem blasigen Glase. Chlorwasserstoffsäure greift

1) Auf den Gehalt an Eisen*oxyd* ist hier wie in allen folgenden Analysen nur indirecter Weise geschlossen.

ihn wie alle folgenden Skapolithe an, ohne sie vollständig zu zersetzen.

Er findet sich zusammen mit schwärzlich-grünem Glimmer und grünem Salit.

Unter I. findet sich die Analyse mit kohlensaurem Natron, unter II. die mit Fluorwasserstoffsäure, unter III. das Mittel aus beiden.

	I.	II.	III.
Kohlensäure	47,24	—	47,24
Thonerde	24,19	25,19	24,69
Eisenoxyd	Spur	Spur	Spur
Kalkerde	17,24	16,43	16,84
Magnesia	2,27	2,08	2,18
Kali	—	0,85	0,85
Natron	—	3,55	3,55
Wasser	1,75	1,75	1,72
			97,06.

Daraus ergeben sich die Sauerstoffmengen:

Kieselsäure		24,52	3,65	4
Thonerde		11,54	1,72	1,86
Kalkerde	4,79	6,71	1	1,09
Magnesia	0,87			
Kali	0,14			
Natron	0,91			

2) *Der weifse Skapolith von Malsjö.* Derb, doch deutlich spaltbar nach den Flächen eines quadratischen Prismas, Perlmutterglanz, stark durchscheinend. Härte gleich Feldspath. Das specifische Gewicht ist

2,658.

Im Kolben giebt er Wasser, verhält sich vor dem Löthrohre wie der vorige. Die Prüfung auf Fluor gab ein negatives Resultat. Findet sich mit Salit und grüner Hornblende in körnigem Kalke eingewachsen.

Der hohe Wassergehalt, so wie der Gehalt an kohlensaurem Kalke, welcher mit blofsem Auge nicht zu erkennen war, deuten vielleicht auf eine begonnene Zersetzung. Die Analyse ergab:



	I.	II.	III.
Kieselsäure	49,36	—	49,36
Thonerde	25,19	25,47	25,33
Kalkerde	12,73	12,22	12,47
Magnesia	1,12	0,98	1,05
Kali	—	1,51	1,51
Natron	—	5,81	5,81
Wasser	2,47	2,47	2,47
Kohlensaurer Kalk	1,35	1,35	1,35
			99,35.

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure		15,62	4
Thonerde		11,84	1,85
Kalkerde	3,55	5,72	0,89
Magnesia	0,42		
Kali	0,26		
Natron	1,49		

3) *Glaukolith vom Baikalsee.* Derb, dunkel bläulichweifs mit einem Stiche ins Rothe, der Strich ist licht, der Bruch uneben. Unvollkommen spaltbar nach 4 Richtungen, welche sich unter Winkeln von 135° und 90° zu schneiden scheinen [1]), also den Flächen des ersten und zweiten quadratischen Prismas parallel gehen würden. Vor dem Löthrohr verliert er seine Farbe, schmilzt dann *leicht* und *unter Aufschäumen.* Härte zwischen Feldspath und Apatit. Das specifische Gewicht ist

2,666.

Chlorwasserstoffsäure griff ihn nur wenig an. Es konnte nicht ermittelt werden, ob das Kalkcarbonat ein Product der Zersetzung oder ursprünglich eingesprengt war. Findet sich begleitend von Glimmer. Die Analyse gab:

1) S. G. Rose, Mineralsystem S. 89.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	46,01	—	46,01
Thonerde	27,73	27,20	26,72
Eisenoxyd		1,49	1,49
Kalkerde	16,32	15,05	15,68
Magnesia	0,43	0,48	0,46
Kali	—	0,56	0,56
Natron	—	4,57	4,57
Wasser	0,47	0,47	0,47
Kohlensaurer Kalk	1,68	1,68	1,68
			97,64.

Es betragen die Sauerstoffmengen:

Kieselsäure		23,88	4
Eisenoxyd	0,44	12,93	2,16
Thonerde	12,49		
Kalkerde	4,46	5,90	0,98
Magnesia	0,18		
Kali	0,09		
Natron	1,17		

Bergemann [1]) untersuchte einen Glaukolith, ein Mineral, welches nur an dünnen Kanten und nur *sehr schwierig* schmelzbar war. Die Spaltungsrichtungen giebt er abweichend von den oben angegebenen an. Rammelsberg [2]) stellte nach dieser Analyse für den Glaukolith die Formel auf:

$$\dot{Na}\,\dddot{Si} + 3\dot{Ca}\,\dddot{Si} + 4\dddot{Al}\,\dddot{Si}$$

und bemerkte später [3]), dafs das von Bergemann untersuchte Mineral wahrscheinlich Labrador sey, womit allerdings die Schwerschmelzbarkeit und die blättrige Textur stimmt.

Giwartowsky hat die Analyse eines Minerals von der Sljüdänka, einem Bache im Daurien, veröffentlicht; er nennt ebenfalls diefs Mineral Glaukolith. Wir stellen diese Analyse, so wie die Bergemann's neben einander.

1) Bergemann, Pogg. Ann. IX, 267.
2) Rammelsberg, Handwörterbuch etc. I, 258.
3) Rammelsberg, I. Supplement S. 60.

	a) Bergemann.	b) Giwartowsky.
Kieselsäure	50,58	50,49
Thonerde	27,60	28,42
Eisenoxydul	0,10	0,39
Manganoxydul	0,86	0,59
Talkerde	3,73	2,67
Kalkerde	10,26	11,31
Kali	1,26	1,00
Natron	2,96	3,10
Glühverlust	1,73	1,78
	99,08	99,45.

Die Uebereinstimmung ist wirklich überraschend grofs, zumal wenn man betrachtet die Kieselsäure, die Summen von Eisen- und Manganoxydul 0,96 B. und 0,98 G.; die Summe von Kalk- und Talkerde 13,99 B. und 13,98 G., die Summe von Kali und Natron 4,22 B. und 4,10 G., die Thonerde hat G. etwas höher, wodurch ein Theil des Verlustes von B. gedeckt wird.

Nehmen wir an Bergemann und Giwartowsky hätten ihre Analysen mit demselben Handstücke unternommen, so werden wir, bei der grofsen Schwierigkeit der analytischen Untersuchung eines in Säuren unzersetzbaren Silikats, nicht anstehen, die Genauigkeit und die hohe Geschicklichkeit des Russischen Chemikers zu bewundern. Haben sie indefs nicht dasselbe Handstück analysirt, so können wir uns von einer so grofsen, fein verdeckten Uebereinstimmung keine deutliche Rechenschaft geben. — G. Rose hat sich in seinem Mineralsystem dahin erklärt, dafs der Glaukolith vom Baikalsee wegen seiner Spaltbarkeit und Leichtschmelzbarkeit zum Wernerit gehöre, was allerdings durch meine Analyse bestätigt wird.

4) *Derber Skapolith von Arendal.* Derb, licht grünlich mit einem Stiche ins Gelbe; deutlich spaltbar nach den Flächen eines quadratischen Prismas. Auf den Spaltungsflächen starker Perlmutterglanz; in dünnen Lamellen vollkommen durchsichtig. Bei schwacher Hitze vor dem Löthrohre verliert er seine Farbe und wird glashell, schmilzt

dann leicht und unter Aufschäumen zu einem blasigen Glase. Im Kolben zeigt er nur Spuren von Wasser, stöfst aber einen bituminös riechenden Rauch aus. In der offnen Röhre erhitzt, zeigte er nicht die Reaction der Flufssäure. Die Härte ist kaum unter Feldspath. Das specifische Gewicht

2,751.

Die Analyse ergab:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	45,05	—	45,05
Thonerde } Eisenoxyd }	27,24	25,40	25,31
		2,02	2,02
Kalkerde	17,67	16,93	17,30
Magnesia	0,32	0,29	0,30
Kali	—	1,55	1,55
Natron	—	6,45	6,45
Flüchtige Theile	1,24	1,24	1,24
			99,22.

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure	—	23,38	4
Thonerde	11,83	12,44	2,12
Eisenoxyd	0,61		
Kalkerde	4,92	6,95	1,19
Magnesia	0,12		
Kali	0,26		
Natron	1,65		

5) *Nuttalit von Bolton in Mafsachusetts.* Gräulichschwarze Krystalle, welche das erste und zweite quadratische Prisma und am Ende ein Quadratoctaëder zeigten, waren auf einer derben, ganz gleichartigen Grundmasse aufgewachsen. Härte wie beim vorigen. Vor dem Löthrohre erhitzt, blähen sich die Kanten auf und schmelzen. Im Kolben giebt er Wasser und zeigt eine unsichere Spur von Fluor. Das specifische Gewicht ist

2,748.

Zu den Analysen I. und II*a*. wurde genau gleiches Material genommen, zu II*b*. solches durch ein zweites Aussu-

chen der reinsten Stückchen erhalten worden war. Der Glanz ist zwischen Perlmutter- und Fettglanz.

Die Analyse, welche mit gröfster Sorgfalt mein Freund J. Heidingsfeld ausführte, gab:

	I.	IIa.	IIb.	III.
Kieselsäure	45,57	—	—	45,57
Thonerde	27,47	23,91	23,38	23,65
Eisenoxyd		3,59	3,17	3,38
Kalkerde	20,66	20,64	21,14	20,81
Magnesia	1,31	1,27	1,12	1,23
Kali	—	nicht be-	0,63	0,63
Natron	—	stimmt	2,46	2,46
Wasser	0,78	0,78	0,78	0,78
				98,51.

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure			23,75	4
Thonerde	11,05	12,06	12,06	2,03
Eisenoxyd	1,01			
Kalkerde	5,92	7,15	7,15	1,20
Magnesia	0,49			
Kali	0,11			
Natron	0,63			

Dieser Nuttalit von Bolton stimmt in allen physikalischen Eigenschaften *ganz genau* mit dem von Brooke benannten und von Thompson analysirten Mineral überein Nach der Analyse Thompson's enthält der Nuttalit Eisenoxydul und statt des in den Skapolithen gewöhnlichen Natrons nur Kali.

6) *Nuttalit von Bolton.* Ebenfalls unter diesen Namen erhielt ich Krystalle von Hrn. Kranz, die zum Theil eine Länge von 1 Zoll bei einem Durchmesser von 2 bis 4 Linien erreichten. Härte, Spaltbarkeit, Farbe wie beim vorigen. Der Glanz weniger Fett-, mehr Perlmutterglanz. Das specifische Gewicht gleich

2,788.

Im Innern umschlossen die Krystalle einen mattweifsen nur durchscheinenden Kern. Im Kolben geben sie Wasser

und stofsen denselben bituminösen Rauch aus, welcher beim Skapolith von Arendal (4) erwähnt worden ist. Flufssäure konnte ich nicht finden. Vor dem Löthrohre schmilzt er schwer und nur an den Kanten. Mit Soda geschmolzen, zeigt er die grüne Manganfärbung. Die Analyse mit den reinsten und durchsichtigsten Stücken gab:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	44,40	—	44,40
Thonerde	29,50	25,28	25,52
Eisenoxyd		3,79	3,79
Kalkerde	19,88	20,48	20,18
Magnesia	0,93	1,08	1,01
Kali	—	0,51	0,51
Natron	—	2,09	2,09
Wasser	1,24	1,24	1,24
			98,74.

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure		23,04	4
Thonerde	11,93	13,04	2,26
Eisenoxyd	1,11		
Kalkerde	5,74	6,76	1,17
Magnesia	0,40		
Kali	0,09		
Natron	0,53		

Wir lassen die Analyse des Nuttalits von Stadtmüller[1]) hier zur Vergleichung folgen:

Kieselsäure	45,79
Thonerde	30,11
Eisenoxyd	1,86
Kalkerde	17,40
Magnesia	—
Kali	3,48
Natron	Spur
Wasser	1,63
	100,27.

1) Stadtmüller, *American Jonrnal II. Ser. VIII*, 18.

Das Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R}$, $\dddot{R}$, $\dddot{Si}$ ist =

0,9 : 2,4 : 4.

Vergleicht man die Resultate dieser drei Nuttalit-Analysen, so überraschen zunächst die abweichenden Sauerstoffverhältnisse. Man wird sie nicht Fehlern in der Analyse zuschreiben wollen. Das Merkwürdigste liegt in dem Umstande, dafs Stadtmüller bei gleichem Gehalte an Kieselsäure kein Natron, sondern statt dessen Kali fand. Diefs könnte fast vermuthen lassen, dafs Kali und Natron in den Skapolithen vikarirende Basen wären. Wir können dieses indefs aus später zu erörternden Gründen nicht annehmen.

7) *Prismatischer Skapolith von Arendal.* Es finden sich auf den Magneteisensteinlagern von Arendal, aufser dem unter 4. angeführten derben Skapolith von grünlich-gelber Farbe, auch in Kalkspath eingewachsene Skapolith-Krystalle, welche bei einem Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll mehrere Zoll lang sind. Die Krystalle zeigen ein quadratisches Prisma; an den Enden sind sie meist zerbrochen; oft zeigen sie sich gebogen. Die Oberfläche ist rauh und ohne Glanz, im Innern zeigt sich indefs auf den Spaltungsflächen ein lebhafter Perlmutterglanz. Das specifische Gewicht ist

3,697.

Härte unter Feldspath, die Farbe gelblich weifs. Im Kolben zeigt er kein Wasser; keine Flufssäure. Vor dem Löthrohre schmolz er leicht und unter heftigem Aufschäumen zu einem blasigen Glase. Die Analyse gab:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	46,82	—	46,82
Thonerde	27,33	26,29	26,12
Eisenoxyd		1,39	1,39
Kalkerde	16,83	17,63	17,23
Magnesia	0,21	0,28	0,26
Kali	—	0,97	0,97
Natron	—	6,88	6,88
Flüchtige Theile	0,33	0,33	0,33
			100 [1]).

1) Die Summe der Alkalien ist hier aus dem Verluste, ihr Verhältnifs direct bestimmt.

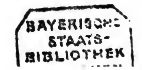
Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure	—	21,32	4
Thonerde	12,21	12,63	2,07
Eisenoxyd	0,42		
Kalkerde	4,90	6,92	1,13
Magnesia	0,10		
Kali	0,16		
Natron	1,76		

Die Zusammensetzung dieses Skapoliths stimmt also am nächsten überein mit derjenigen des derben von demselben Fundorte, dessen Analyse unter 4. mitgetheilt worden.

Die Oberfläche dieser Krystalle zeigt sich oft so weich, dafs man mit dem Messer ganze Stücke davon abschneiden kann. Diese Verwitterungsrinde sah ich an einzelnen Stücken $\frac{1}{2}$ bis 2 Linien tief ins Innere dringen. Hiermit hängt augenscheinlich ein Eindringen von Epidotmasse in den verwitternden Krystall zusammen. Ich habe diesen Procefs an mehreren Handstücken verfolgt und bemerkt, dafs *die* grüne Epidotmasse sich entweder auf die verwitterte Oberfläche des Krystalls in einer dünnen Schicht auflegt, und so allmälig die ursprüngliche Masse verdrängt, oder, durch kleine Spalten und Risse begünstigt, sogleich ins Innere dringt, so dafs gröfsere Epidot-Ansammlungen im Innern gewöhnlich dünne Zweige nach der Oberfläche des Krystalls aussenden. Es erinnert diefs an einen Infiltrationsprocefs. Die Umwandlung des Wernerits in Epidot werden wir unten ausführlicher betrachten; es genügt hier darauf hingewiesen zu haben, dafs es dieser Wernerit, also ein Skapolith, ist, welcher sich in Epidot umändert, wie man dieses fast an allen Handstücken beobachten kann.

Wir suchen über die Zusammensetzung der angeführten Skapolithe eine Uebersicht zu gewinnen; indem wir zusammenstellen: das Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R}$, $\dddot{R}$, $\dddot{Si}$, die Abweichung desselben von dem durch die Formel verlangten, und das specifische Gewicht.



	$\dddot{Si}$	$\ddot{R}$	$\dot{R}$	Differenz $\ddot{R}$	$\dot{R}$	Sp. G.
Blauer Skap. von Malsjö	4 :	1,84 :	0,93	— 0,16	— 0,07	2,763
Weifser » »	4 :	1,86 :	1,09	— 0,14	+ 0,09	2,658
Glaukolith v. Baikal	4 :	2,16 :	0,98	+ 0,16	— 0,02	2,666
Derber Skap. v. Arendal	4 :	2,12 :	1,19	+ 0,12	+ 0,19	2,751
Prismatischer Sk. »	4 :	2,07 :	1,13	+ 0,07	+ 0,13	2,697
Nuttalit (K. Min. Cab.)	4 :	2,03 :	1,20	+ 0,03	+ 0,20	2,748
Nuttalit (von Krantz)	4 :	2,26 :	1,17	+ 0,26	+ 0,17	2,788

Wir sehen hier eine nicht weniger bedeutende Abweichung von dem durch die Formel der Skapolithe

$$\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 2\ddot{R}\dddot{Si}$$

verlangten Sauerstoffverhältnisse

$$1 : 2 : 4,$$

wie bei den »Ekebergiten« in der von **Rammelsberg** aufgestellten Tabelle. Die Differenzen haben meist einen positiven Werth, d. h. die Basen sind meist in etwas gröfserer Menge vorhanden, wie die Formel sie verlangt. **Rammelsberg**'s Uebersicht liefert für die Basen $\ddot{R}$ das gleiche Resultat, während die Basen $\dot{R}$ dort meist unter den von der Formel verlangten Werth hinabsinken.

Die Abweichungen bald positiv bald negativ sind indefs, sowohl bei meinen Analysen, als auch bei den oben angeführten, keineswegs so grofs, dafs wir daran zweifeln könnten, dafs das wahre Sauerstoffverhältnifs der Skapolithe $= 1 : 2 : 4$ sey. Wir werden später sowohl Processe kennen lernen, welche den procentigen Gehalt an Kieselsäure erhöhen, als auch andere, ganz verschiedene, welche den procentigen Gehalt an Basen erhöhen.

Der Betrachtung der Skapolithe reihen wir diejenige zweier Analysen von Werneriten an, welche weder nach der Skapolith-Formel, noch nach irgend einer andern der von **Rammelsberg** aufgestellten Formeln zusammengesetzt zu seyn scheinen.

III. Wernerit von Gouverneur, $3\dot{R}\dddot{Si}+2\dddot{\bar{R}}\dddot{Si}$.

Auf Lagern körnigen Kalks zu Gouverneur im Staate New-York finden sich, in Kalkspath eingewachsen, Wernerit-Krystalle, welche die beiden Prismen und mehrere Quadratoktaëder zeigen. Nach dem Mejonit vom Vesuv möchten dieses wohl die schönsten Wernerit-Krystalle seyn, welche bekannt sind. Sie sind farblos bis milchweifs, durchsichtig bis durchscheinend, deutlich spaltbar parallel den Prismenflächen. Das specifische Gewicht ist

2,633,

also wohl eins der niedrigsten, welches von einem Wernerite bekannt ist. Im Kolben giebt er Spuren von Wasser. Vor dem Löthrohre verliert er seine Durchsichtigkeit und schmilzt unter Schäumen zu einem blasigen Glase. Härte gleich Feldspath. Chlorwasserstoffsäure griff das feine Pulver nur wenig an. Zur Analyse schien es nöthig, mit verdünnter Essigsäure den eingemengten kohlensauren Kalk zu entfernen. Die Analyse ergab:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	52,25	—	52,25
Thonerde	23,92	24,02	23,97
Eisenoxyd	Spur	Spur	Spur
Kalkerde	9,85	9,87	9,86
Magnesia	0,68	0,91	0,78
Kali	—	1,73	1,73
Natron	—	8,70	8,70
Wasser	1,20	1,20	1,20
			98,49.

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure		27,12	5
Thonerde		11,20	2,06
Kalkerde	2,80	5,62	1,03
Magnesia	0,31		
Kali	0,29		
Natron	2,22		

Soweit man aus dem äufseren Ansehen und den physikalischen Eigenschaften eines Minerals auf einen unzersetzten Zustand schliefsen kann, war dieser Wernerit völlig unzersetzt. Dafür sprechen ferner von chemischer Seite: der Mangel an Eisenoxyd, welches bei der Verwitterung stets in grofser Menge eintritt, und der hohe Gehalt an Natron, welches sich, soweit unsere Analysen reichen, in zersetzten Werneriten niemals findet. Wir werden im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen, dafs es allerdings Zersetzungs-Processe giebt, deren Endresultat ein hoher Gehalt an Kali ist. Es ist höchst interessant, zu sehen, wie Kali und Natron, in ihren chemischen Eigenschaften so sehr ähnlich, in der Geologie zuweilen ein ganz entgegengesetztes Verhalten zeigen. Diefs erinnert an gewisse Vorgänge in der organischen Welt. Wir sind nicht abgeneigt, für den Wernerit von Gouverneur ein ursprüngliches Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} =$

$$1 : 2 : 5$$

entsprechend der Formel

$$3\dot{R}\dddot{Si} + 2\dddot{R}\dddot{Si}$$

anzunehmen. Sie sey zunächst nur der einfache Ausdruck unserer Analyse, bis andere Analysen der Wernerite von jenem Fundorte, deren übrigens bis jetzt zur Vergleichung mit der unserigen noch keine existirt, ein gleiches Resultat ergeben.

Die Species, der alsdann auch ein neuer Name gegeben werden müfste, wird aufser durch das einfache Sauerstoffverhältnifs charakterisirt durch:

1) den hohen Gehalt an Kieselsäure

2) den geringen an Thonerde

3) durch das Sinken der Kalkerde und die reichliche Menge in der die Alkalien vorhanden sind.

Der Alkaligehalt von 10,5 Proc. ist überhaupt, soviel uns bekannt, der höchste, welcher bisher in einem Wernerite gefunden worden ist.

IV. Wernerit von Pargas in Finnland.

Die Wernerit-Krystalle finden sich mit schwarzem und grünem Augit und kleinen Körnern von Apatit in Kalkspath eingewachsen. Sie zeigen die beiden Prismen und das Oktaëder. Die Flächen sind matt, die Kanten und Ecken abgerundet. Die Prismen sind meist niedrig, und im Verhältnifs zur Höhe ziemlich dick. Die kleinen Wernеritmassen stellen sich nur als abgerundete Körner dar. Die Spaltbarkeit ist deutlich; die Farbe grünlich bis grünlichgelb. Im Kolben giebt er Wasser. Vor dem Löthrohr schmilzt er zu einem blasigen Glase. Das specifische Gewicht ist

2,654

Härte etwas unter Feldspath. Chlorwasserstoffsäure zersetzte das feine Pulver vollständig. Auch hier schien es nöthig, das Mineral vorher mit verdünnter Essigsäure zu behandeln. Die Analyse ergab:

			Sauerstoffmengen.	
Kieselsäure	45,46		23,59	4
Thonerde	30,96		14,94	2,48
Eisenoxyd	Spur			
Kalkerde	17,22	4,90	5,70	0,97
Magnesia	—			
Kali	1,31	0,22		
Natron	2,29	0,58		
Wasser	1,29			
	98,53.			

Dieser Wernerit ist bereits zwei Mal analysirt worden: zuerst von **Nordenskiöld**, welcher das Verhältnifs des Sauerstoffs von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si}$ fand =

0,95 : 2,9 : 4,

dann von **Wolff**, welcher es fand

0,9 : 2,6 : 4.

Wolff's Angaben sind folgende:

Kieselsäure	45,10	23,95
Thonerde	32,76	15,30
Kalkerde	17,84	5,39
Natron	0,76	
Kali	0,68	
	98,18.	

Wolff's Analyse und die unserige zeigen also, zumal im Sauerstoffverhältnisse, eine ziemlich nahe Uebereinstimmung. Rammelsberg nimmt in der oben erwähnten Tabelle als eine ursprüngliche Zusammensetzung von Werneriten diejenige nach dem Sauerstoffverhältnisse

1 : 3 : 4

an; er nennt sie »Wernerite.« Diese Klasse wird indefs aufser durch die beiden angeführten Analysen nur noch durch eine Analyse des Stroganovits von Hermann, bei welcher Rammelsberg das Sauerstoffverhältnifs berechnet hat zu

0,9 : 2,6 : 4

gestützt.

Da indefs der Stroganovit gar nicht hierher gehört; so scheint überhaupt die Existenz von Werneriten mit der Formel $\dot{R}^3 \dddot{Si} + 3\dddot{R}\dddot{Si}$ nicht erwiesen zu seyn.

Wollte man annehmen, dafs zu Pargas Wernerite verschiedener Zusammensetzung vorkämen, so erinnere man sich daran, dafs man dieselbe Annahme auch für die Wernerite von Hesselkulla machen könnte. Wolff's Analyse giebt das Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} =$

0,9 : 1,95 : 4.

Nach Hermann ist es

0,9 : 3,0 : 6.

Das äufsere Ansehen der Wernerite von Hesselkulla ist aber so übereinstimmend, dafs es nach G. Rose durchaus nicht gestattet ist, eine verschiedene Zusammensetzung auzunehmen.

Nehmen wir das Ergebnifs von Wolff's Analyse 0,9: 2,6 : 4 und das der unserigen 0,97 : 2,48 : 4 = 1 : 2,5 : 4, so

ergiebt sich für den Wernerit von Pargas als eigene Species die Formel

$$3\dot{R}^2\dddot{Si} + 5\ddot{Al}\dddot{Si}$$

Diese Species wartet der Bestätigung.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VI. *Beitrag zur Theorie der vulkanischen und plutonischen Gesteinsbildung; von August Streng.*

Es gehört gewifs zu den auffallendsten Erscheinungen in der Geologie, dafs Lavaergüsse, welche zu verschiedenen Zeiten demselben Vulkan, ja oft derselben Krateröffnung entströmten, die gröfste Verschiedenheit in ihrer petrographischen Beschaffenheit darzubieten pflegen. Diese Thatsache wird noch auffallender, wenn man erwägt, dafs vulkanische Eruptionen gewöhnlich in Zeiträumen auf einander folgen, die im Vergleich mit den älteren geologischen Perioden verschwindend klein erscheinen müssen.

Die Verschiedenheit solcher jüngerer und auch älterer, ein und derselben Gesteinsquelle angehörender Eruptivmassen kann von zweifacher Art seyn: sie kann auf einer Aenderung in der chemischen Constitution der auf einander folgenden Gesteinsergüsse beruhen, oder auch ihren Grund in den Druck- und Temperatur-Verhältnissen haben, unter denen ein chemisch gleich constituirtes Silicat-Gemenge zu Aggregaten bald dieser, bald jener Fossilien erstarrte.

Um daher die Beziehungen zu erforschen, welche zwischen der chemischen Constitution einer ursprünglich gleichmäfsig verschmolzenen Eruptivmasse und den bei dem Erstarren daraus gebildeten Gebirgsarten bestehen, kann nur die Durchschnittszusammensetzung mafsgebend seyn und zwar ganz unabhängig von der Natur und dem Mengen-

verhältnifs der ausgesonderten Gemengtheile. Auf solche Durchschnittsanalysen gestützt, hat Bunsen in seiner Arbeit über die vulkanischen Erscheinungen Islands [1]) nachgewiesen, dafs es unter den Gesteinen dieser Insel, so wie denen des armenischen Hochlandes zwei extreme Glieder von chemisch stets gleicher, mineralogisch aber oft sehr verschiedener Zusammensetzung giebt, die als Erzeugnisse zweier vulkanischer Heerde gelten können, und dafs die sämmtlichen übrigen noch nicht metamorphosirten Gesteine dieser Gegenden eine Durchschnittszusammensetzung zeigen, wie sie sich aus der Verschmelzung jener extremen Glieder durch Rechnung ergeben würde.

Die Untersuchung gab für diese bei der vulkanischen Gesteinsbildung thätigen Silicatzuflüsse die nachstehende Zusammensetzung:

		Normal-trachytische Zusammensetzung.	Normal-pyroxenische Zusammensetzung.
Kieselerde	=	76,67	48,47
Thonerde und Eisenoxydul	=	14,23	30,16
Kalkerde	=	1,44	11,87
Magnesia	=	0,28	6,89
Kali	=	3,20	0,65
Natron	=	4,18	1,96
		100,00.	100,00.

Die erstere, die normaltrachytische, repräsentirt die stets gleiche Durchschnittszusammensetzung einer Reihe mineralogisch verschiedener Gebirgsarten vom höchsten Kieselsäuregehalt; die letztere, die normalpyroxenische, entspricht einer mineralogisch ebenfalls wandelbaren Folge basischer Silicatgemenge von ebenfalls constanter Durchschnittszusammensetzung. Zwischen diesen extremen Gliedern liegt eine Reihe anderer Gesteine, die durch Verschmelzung aus denselben entstanden sind. Das Verhältnifs, in welchem diese

1) Poggend. Ann. 3. Reihe; Bd. XXIII, p. 197: Processe der vulkanischen Gesteinsbildung Islands von Prof. Bunsen.

Verschmelzungen vor sich gingen, läfst sich leicht durch Rechnung finden; denn bezeichnet man mit s den Procentgehalt der Kieselerde in dem normaltrachytischen, mit σ die Procente der Kieselerde in dem normalpyroxenischen Gesteine, ferner mit S die Procente der Kieselerde in einem Mischlingsgestein, endlich mit α die Menge der normalpyroxenischen Masse, die mit Einem Gewichtstheil normaltrachytischer Masse gemischt werden mufs, um die Zusammensetzung des Mischlingsgesteins zu erhalten, so ist:

$$\frac{s+\alpha\sigma}{1+\alpha}=S$$

$$s=S+\alpha\ (S-\sigma)$$

$$\frac{s-S}{S-\sigma}=\alpha.$$

Aus diesem Werthe von α läfst sich leicht die Menge der einzelnen in dem gemischten Gesteine enthaltenen Bestandtheile berechnen.

I. Vulkanische Gesteine.

Die erwähnten Untersuchungen machten es höchst wahrscheinlich, dafs sich die für Island und das armenische Hochland aufgefundenen Gesetze auch noch auf andere Erzeugnisse der jüngsten Eruptionsperiode würden anwenden lassen, namentlich aber auf diejenigen, welche örtlich zwischen jenen beiden so weit von einander entfernt liegenden Systemen angetroffen werden.

Ich habe daher eine Anzahl solcher Gebirgsarten von den Färöen und Island, die von Hrn. Prof. Bunsen zum Theil selbst dort gesammelt worden sind, auf dessen Veranlassung analysirt und diese Untersuchung auch noch auf einige Trachyte aus Ungarn ausgedehnt, die ich der Güte des Hrn. Prof. Glocker verdanke.

Bei diesen Analysen habe ich dieselbe Methode befolgt, nach welcher die in den »Processen der vulkanischen Gesteinsbildung« mitgetheilte Zusammensetzung der Isländischen Gebirgsarten ermittelt worden ist.

War das zu untersuchende Gestein feinkörnig, so wur-

den ungefähr 30 Gramm pulverisirt, durch Leinwand gebeutelt und innig gemengt. War es dagegen grobkörnig oder porphyritisch, so wurden, um die durch zufälliges Vorwiegen Eines Gemengtheils entstehenden Ungenauigkeiten zu vermeiden, 60 bis 80 Gramm fein zerkleinert und von diesen etwa 15 Gramm auf die eben angegebene Weise behandelt. Von dem erhaltenen Pulver wurde 1,2 bis 1,5 Gramm mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen, in verdünnter Salzsäure gelöst und nach Abscheidung der Kieselerde aus der durchgelaufenen Flüssigkeit Eisenoxyd und Thonerde mit Ammoniak gefällt. Durch wiederholtes Decantiren und Aufgiefsen von luftfreiem kochenden Wasser liefs sich die vom Niederschlage mechanisch eingeschlossene Flüssigkeit so weit verdünnen, dafs sie nur noch $\frac{1}{15000}$ der anfänglich darin befindlichen Salze, also höchstens 0,0008 Gramm enthalten konnte. Der nun aufs Filter gebrachte und noch einmal mit kochendem Wasser ausgewaschene Niederschlag liefs sich vermittelst einer kleinen Feder leicht ohne das Filter zu verletzen in einen Platintiegel bringen, in welchen dann auch noch der in kochender concentrirter Salzsäure gelöste, auf dem Filter zurückgebliebene Rest des Niederschlags, filtrirt wurde. Erst nachdem durch längere Digestion die salzsaure Lösung im Tiegel vollkommen klar geworden war, wurde die Thonerde kochend durch chemisch reines Kali gelöst, das auf diese Art völlig thonerdefreie Eisenoxyd auf das ursprüngliche Filter zurückgebracht und mit kochendem Wasser ausgewaschen. Um bei dem Glühen der Thonerde die durch einen Rückhalt von Salmiak bedingte Bildung von flüchtigem Chloraluminium zu vermeiden, wurde der aus der schwach angesäuerten Thonerde-Lösung mit Ammoniak und Schwefelammonium erhaltene Niederschlag nicht auf dem Filter, sondern auf die oben angegebene Weise durch Decantation vollständig ausgewaschen; das von der Thonerde getrennte Eisenoxyd war nun leicht völlig von der noch darin zurückgehaltenen Kieselerde durch Glühen und Wiederauflösen in Salzsäure zu trennen und durch nochmali

ges Fällen mit Ammoniak und Abfiltriren konnte es fast ganz frei von Kalk und Magnesia erhalten werden, welche in Lösung blieben und mit der von Eisenoxyd und Thonerde abfiltrirten Flüssigkeit vereinigt wurden. Aus dieser schwach angesäuerten und eingedampften Lösung fielen durch Ammoniak noch geringe Quantitäten von Thonerde nieder, welche nach dem Auskochen des überschüssigen Ammoniaks rasch abfiltrirt und mit dem ersten Thonerdeniederschlag gemeinschaftlich gewogen wurden.

In dem Filtrat wurden Kalk und Bittererde auf die gewöhnliche Weise durch oxalsaures Ammoniak und phosphorsaures Natron getrennt.

Um die Silicate zur Bestimmung der Alkalien vollständig mit Flufssäure aufschliefsen zu können, wurden gegen 0,5 bis 1 Grm. derselben mit Wasser angefeuchtet und vor dem Einsetzen in den zur Entwicklung der Flufssäure dienenden Bleikasten mit 8 bis 10 Tropfen Schwefelsäure versetzt. Nur durch diesen Zusatz von Schwefelsäure kann es vermieden werden, dafs sich während der Einwirkung der Flufssäure auf der Oberfläche der Probe eine feste Rinde bildet, welche die weitere Einwirkung auf die darunter liegende Substanz verhindert. Schon nach 8 Tagen war das Silicat vollständig aufgeschlossen, so dafs es sich nach dem Verdampfen der überschüssigen Schwefelsäure in Salzsäure ohne Rückstand löste. Aus dieser Lösung wurde die Schwefelsäure durch Chlorbaryum, Eisenoxyd und Thonerde, Kalkerde und überschüssiger Baryt durch Ammoniak, kohlensaures und oxalsaures Ammoniak zugleich gefällt, die Flüssigkeit eingedampft, geglüht, der Rückstand mit ein Paar Tropfen Wasser übergossen und dieselbe Fällung noch einmal wiederholt. Die von diesem letzten Niederschlage getrennte Flüssigkeit wurde abermals abgedampft, der durch Erhitzen von Salmiak befreite Rückstand zur Abscheidung der Magnesia mit Quecksilberoxyd geglüht, und endlich die von der Magnesia abfiltrirte Chlorkalium- und Chlornatrium-Lösung in einem Platintiegel mit etwas Salzsäure abgedampft, der erhaltene Rückstand gewogen und

das darin befindliche Chlorkalium durch Platinchlorid bestimmt.

Zu den Kohlensäurebestimmungen diente ein kleiner vor der Lampe geblasener Apparat, in welchem das Gas durch verdünnte Salzsäure ausgetrieben und durch atmosphärische Luft ersetzt wurde.

Die Wasser-Bestimmung geschah durch Glühen der abgewogenen Substanz, entweder in einem Glasröhrchen mit vorgelegtem Chlorcalciumrohr oder in einem Platintiegel.

Die Gesteine der Vulkanen-Periode zerfallen nach ihren petrographischen Charakteren in 3 Hauptgruppen: 1) In die trachytischen, 2) in die pyroxenischen und 3) in die palagonitischen Bildungen. — Zu den pyroxenischen Gesteinen gehört der Basalt, der Dolerit, der Leucitophyr, der Nephelin-Dolerit, so wie eine Reihe von Gesteinen, welche in Island, den Färöen und den schottischen Inseln unter dem Namen »vulkanischer Trapp« von den eigentlichen Basalten geschieden worden sind, wofür aber v. Leonhard den Namen Anamesit gebraucht hat. Diefs letztgenannte Gestein steht in Bezug auf die feinkörnige Mengung seiner Bestandtheile zwischen dem Basalt und Dolerit und unterscheidet sich von ersterem vorzüglich dadurch, dafs es älter ist als dieser und am häufigsten entweder in grofsen Plateaus geschichtet, oder in Gängen und mächtigen Schichten in den Sedimentgesteinen vorkommt. Dabei fehlt der für den Basalt so charakteristische Olivin fast ganz darin. —

Die geologischen Verhältnisse der Färöen bieten die gröfste Aehnlichkeit mit denen Islands dar. Es lassen sich dort nach Forchhammer [1]) 4 Hauptglieder unterscheiden: 1) Ein älterer feldspatharmer Trapp. 2) Ein jüngerer feldspathreicher, theils porphyritischer, theils mandelsteinartiger, theils dichter Trapp. 3) Ein beide Felsarten durchbrechendes basaltisches Gestein und 4) Ein palagonitischer Tuff,

1) Forchhammer in: *»Det kongelige Danske Videnskabernes Selskabs naturvidenskabelige og mathematisks Afhandlinger, II. Deel, p.* 59.

der sich zwischen diese Gesteine einlagert und je nach den lokalen Verhältnissen eine bald zeolithische, bald pneumatolytische Metamorphose [1]) erlitten hat.

Die Gesteine der Färöen, welche ich untersucht habe, stammen von einer auf der Insel Stromöe westlich von Thorshavn gelegenen Anhöhe. Es wechselt daselbst eine mächtige Schicht eines dichten, jüngeren Trapp-Gesteins mit zeolithischen Mandelsteinen und palagonitischem Tuff, welche *nicht* nur in ihren petrographischen Verhältnissen, sondern auch ihren Uebergängen nach vollkommene Uebereinstimmung mit den von Bunsen bei Silfrastadir in Island beobachteten Trapp- und Palagonit-Schichten zeigen. Der graue feste Trapp geht hier wie dort ganz allmälig in einen von Zeolithdrusen ganz erfüllten Mandelstein über, der sich nach unten hin durch ein thoniges und zerreibliches Gestein ohne erkennbare scharfe Gränze in palogonitischen Tuff verliert.

Die Handstücke, welche zu den Analysen verwandt wurden, stellen die Reihenfolge der Veränderungen von dem unzersetzten Trapp bis zu dem Palagonittuff dar. Das erste *derselben, der* unveränderte Trapp, ist eine körnig krystallinische Felsart mit kleinen Höhlungen, von mittlerer Härte, splittrigem Bruch und grünlichgrauer Farbe. Die Gemengtheile des Gesteins sind nicht deutlich zu erkennen, doch kann man hie und da die Spaltungsflächen des Feldspaths unterscheiden, die diesen jüngeren Trapp charakterisiren. Die Blasenräume sind bald leer, bald mit einem schwachen grünlichen Anfluge bekleidet, und oft theilweise mit einer grünen, leicht zerdrückbaren, thonigen Substanz erfüllt. In letzterem Falle liegt die ausfüllende Substanz stets nach Einer und derselben Richtung. — Das zweite Gestein, ein zeolithischer Mandelstein, hat eine feinkörnige Grundmasse, deren Bestandtheile nicht erkennbar sind, ist von einer Menge von Drusenräumen, in welchen sich Chabasit ausgeschieden hat, durchzogen, von grünlichbrauner Farbe, splittrigem Bruch und geringer Härte. —

1) Processe der vulkanischen Gesteinsbildung Islands S. 233 u. 239.

Die Analyse dieser beiden Gesteine gab folgendes Resultat.

I. Analyse. Unveränderter Trapp.

		Auf 100 u. wasserfreie Substanz berechnet.	Normalpyroxenische Zusammensetzung.
Kieselerde	49,40	49,95	48,47
Thonerde	14,42	31,03	30,16
Eisenoxydul	16,27		
Kalkerde	10,34	10,45	11,87
Magnesia	5,86	5,92	6,89
Kali	0,34	0,34	0,65
Natron	2,28	2,31	1,96
Wasser	2,41	100,00.	100,00.
	101,32.		

II. Analyse. Zeolithischer Mandelstein.

Kieselerde	46,65	49,27	48,47
Thonerde	14,66	30,92	30,16
Eisenoxydul	14,61		
Kalkerde	8,85	9,36	11,87
Magnesia	6,88	7,27	6,89
Kali	1,57	1,65	0,65
Natron	1,44	1,53	1,96
Wasser	6,76	100,00.	100,00.
	101,42.		

Man sieht daher, dafs der unveränderte Trapp ganz mit der normalpyroxenischen Zusammensetzung übereinstimmt. Auch das zweite Gestein weicht nicht mehr von dieser Zusammensetzung ab, als sich bei der mit einer Pneumatolyse verbundenen Entstehungsweise desselben erwarten läfst. Man kann daraus den Schlufs ziehen, dafs diese Gesteinsschicht wie bei Silfrastadir in Island durch eine zeolithische Metamorphose des angränzenden Palagonit-Tuffs entstanden ist. —

Das dritte, einige Zoll weiter nach der Palagonit-Tuffschicht hin, auftretende Gestein, welches durch seine roth-

braune Farbe und erdigthonige Beschaffenheit die deutlichste Spur einer schon weiter fortgeschrittenen Pneumatolyse an sich trägt, ist ganz mit Gängen und Drusen von derbem und krystallisirtem Chabasit und Desmin durchzogen. Selbst bei diesem in seiner petrographischen Zusammensetzung von dem nur wenige Zoll darüber liegenden Trapp völlig verschiedenen Gestein zeigen sich nur kleine Abweichungen von der normalpyroxenischen und palagonitischen Zusammensetzung, die sich leicht aus der ungleichförmigen Mengung der Gebirgsart und aus der pneumatolytischen Metamorphose erklären lassen, welche die zeolithische begleitete.

III. Analyse. Zeolithischer Mandelstein.

		Auf 100 u. wasserfr. Substanz berechnet.	Normalpyroxenische Zusammensetzung.
Kieselerde	= 47,46	51,66	48,47
Thonerde	= 12,72 }	29,61	30,16
Eisenoxydul	= 14,49 }		
Kalkerde	= 8,58	9,35	11,87
Magnesia	= 5,63	6,13	6,89
Kali	= 1,00	1,09	0,65
Natron	= 1,98	2,16	1,96
Wasser	= 9,01	100,00.	100,00.
	100,90.		

Das 4te Gestein dieser Reihe ist ein veränderter palagonitischer Tuff, welcher durch die zersetzende Einwirkung des Wassers schon eine etwas thonige Beschaffenheit angenommen hat. Derselbe besteht aus Palagonit-Substanz, in welcher theils derbe zeolithische Massen, theils Körner von zersetztem pyroxenischen Gestein eingestreut sind. Der Bruch des Gesteins ist uneben bis erdig, die Farbe gräulichbraun. Es gleicht manchen Isländischen Palagonit-Tuffen auf das täuschendste. — Obgleich das Bindemittel und die Einschlüsse des Palagonit-Tuffs ein und dieselbe mit den normalpyroxenischen oder trachytopyroxenischen[1]) über-

1) Siehe: Processe der vulk. Gesteinsbild.

einstimmende Zusammensetzung zeigen, so wird man doch hier eine solche Uebereinstimmung nicht erwarten dürfen, da die Einschlüsse des untersuchten Gesteins bereits mehr oder weniger zersetzt sind. Seine Zusammensetzung ist folgende:

IV. Analyse. Zersetzter palagonitischer Tuff.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechnet.	Normalpyroxenische Zusammensetzung.
Kieselerde	= 40,69	50,56	48,47
Thonerde	= 15,31	35,73	30,16
Eisenoxydul	= 13,44		
Kalkerde	= 3,39	4,21	11,87
Magnesia	= 6,31	7,84	6,89
Kali	= 0,74	0,92	0,65
Natron	= 0,60	0,74	1,96
Wasser	= 20,00	100,00.	100,00.
	100,48.		

Vergleicht man beide Zusammensetzungen bei gleichem Thonerde- und Eisenoxydul-Gehalt, so zeigt sich eine Abnahme in den am meisten alkalischen Oxyden und in der Kieselerde bei dem Tuffgestein, ganz in der Weise, wie es eine durch Wassereinwirkung bedingte Metamorphose fordert. Dagegen zeigt das Bindemittel des Tuffs für sich durch Salzsäure aufgeschlossen schon eine viel gröfsere Annäherung an die normale Zusammensetzung, wie die nachstehende im Laboratorium zu Marburg unter der Leitung des Hrn. Prof. Bunsen ausgeführte Untersuchung zeigt:

V. Analyse.

		Gefund. Sauerst.	Aus d. Palagonitformel berechn. Sauerst.
Kieselerde	= 36,98	19,45	17,3
Thonerde	= 6,59	6,21	8,6
Eisenoxydul	= 10,56		
Kalkerde	= 3,71	4,63	4.3
Magnesia	= 8,32		
Kali	= 0,19		
Natron	= 0,97		
Wasser	= 17,28		
Rückstand	= 15,40		
	100,00.		

Es zeigt sich also in dieser Reihenfolge von Gesteinen eine vollständige Uebereinstimmung mit den analogen Felsarten Islands, nicht nur in ihrer petrographischen Beschaffenheit und den übrigen äufseren Verhältnissen, sondern auch in ihrer chemischen Zusammensetzung. Dafs diese Uebereinstimmung keine lokale ist, wird auch noch durch eine Analyse Durocher's [1]) bestätigt, welcher die nachstehende Durchschnittszusammensetzung für ein Trappgestein fand:

VI. Analyse.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechnet.	Normalpyroxenische Zusammensetzung.
Kieselsäure	= 46,80	48,33	48,17
Thonerde	= 14,40		
Eisenoxydul	= 11,99	30,14	30,16
Manganoxydul	= 2,80		
Kalkerde	= 10,16	10,49	11,87
Magnesia	= 9,53	9,84	6,89
Kali, Natron	= 1,16	1,19	2,61
Wasser	= 3,00	100,00.	100,00.
	99,84.		

Viel einfacher als auf den Färöen gestalten sich die Verhältnisse der vulkanischen Gesteine weiter nach SO im nördlichen Irland und Schottland. Ein vulkanischer Trapp durchbricht hier auf weite Erstreckungen die älteren Gebirge und breitet sich über die meisten Schottischen Inseln aus, wo er so häufig jene weit und breit berühmte grofsartige Säulenform zeigt, welche lange Zeit Gegenstand weitläufiger wissenschaftlicher Erörterungen gewesen ist. Der Riesendamm auf Irland, die Felsgrotten der Insel Staffa bestehen aus den riesenmäfsigen Säulen dieses Gesteins.

Von diesen älteren vulkanischen Gebirgsarten habe ich zwei der Analyse unterworfen. Das erste ist von einer

1) *Annales des Mines T. XIX: Sur les roches et les minéraux des iles Féröe par M. J. Durocher.*

Trapp-Säule des Giants Causeway in Irland; das **Gestein** ist in seiner Masse homogen und feinkörnig und hat **ganz** das Aussehen von Basalt, enthält aber keinen Olivin. **Der** Bruch ist flachmuschlig, die Härte sehr bedeutend, die **Farbe** schwarzgrün. Das zweite Gestein ist von der Fingalshöhle auf Staffa; dasselbe ist ebenfalls ganz homogen und auf dem Bruche feinkörnig, im Kleinen splittrig, im Grofsen muschlig, von etwas geringerer Härte, grünlichschwarzer Farbe und mattem Ansehen. Die Zusammensetzung **ist** folgende:

VII. Analyse. Trapp von Giants Causeway.

		Auf 100 u. wasserfreie Substanz berechnet.		Nach der Formel berechnet.	
Kieselerde	= 52,13	52,64		52,64	
Thonerde	= 14,87				
Eisenoxydul	= 11,40	26,82		27,79	
Manganoxydul	= 0,32				
Kalkerde	= 10,56	10,67		10,32	
Magnesia	= 6,46	6,53		5,91	
Kali	= 0,69	0,70	3,34	1,05	3,34
Natron	= 2,60	2,64		2,29	
Wasser	= 1,19	100,00.		100,00.	
	100,22.				

VIII. Analyse. Trapp der Fingalshöhle.

			Normalpyroxenische Zusammensetzung.
Kieselerde	= 47,80	48,37	48,47
Thonerde	= 14,80		
Eisenoxydul	= 13,08	28,29	30,16
Manganoxydul	= 0,09		
Kalkerde	= 12,89	13,04	11,87
Magnesia	= 6,84	6,92	6,89
Kali	= 0,86	0,87	0,65
Natron	= 2,48	2,51	1,96
Wasser	= 1,41	100,00.	100,00.
	100,25.		

Sieht man von den unerheblichen Schwankungen ab, welche in den unvermeidlichen Fehlern der Analyse und den Ungleichheiten der Gesteinsmengung ihren Grund haben, so begegnet man auch hier wieder einer normalpyroxenischen oder trachytopyroxenischen Mischung. In dem Gesteine von Giants Causeway sind 5,76 Theile pyroxenischer mit 1 Theil trachytischer Masse zusammengetreten, während das andere Gestein fast vollständig mit der normalpyroxenischen Masse übereinstimmt. Es geht also hieraus ebenfalls hervor, dafs auch dieses System chemisch aus derselben Quelle stammt, aus welcher die vulkanischen Bildungen Islands und der Färöen geflossen sind.

Ganz verschieden von den Erzeugnissen der Vulkanenperiode in den nördlichen Breiten stellen sich die trachytischen und basaltischen Bildungen Ungarns dar. Während dort die pyroxenischen Gebilde vorherrschen, sind in Ungarn mehr die trachytischen vertreten, obwohl auch die basaltischen dort nicht ganz fehlen. Das Trachyt-Gebirge tritt am nördlichen Rande der grofsen Ungarischen Ebene, am südlichen Abhange der Karpathen und zwar in 5 von einander isolirten Hauptgruppen auf, in denen Kraterbildungen und Lavaströme gänzlich fehlen. Beudant [1]) unterscheidet in dem dortigen Trachyt 5 Varietäten: 1) den eigentlichen Trachyt, mit gelblicher und schlackiger Structur, 2) den Trachyt-Porphyr mit dichter Structur, 3) den Perlstein, 4) den Mühlsteinporphyr, 5) Conglomerate verschiedener Felsarten. — In weit geringerer Ausbreitung kommen die basaltischen Bildungen in Ungarn vor; sie fehlen fast ganz im nördlichen Theile des Landes, und treten erst am Plattensee, bei Fünfkirchen und an anderen Punkten auf.

Ich habe nur aus dem Trachyt-Gebirge Ungarns 3 Gebirgsarten untersucht: Die erste ist ein trachytisches, von Beudant »granitischer Trachyt« genanntes Gestein von Srezawnica, welches eine mehr oder weniger grobkörnige, feldspathige Grundmasse besitzt, in welcher sich so viel

1) Mineralogische und geognost. Reise durch Ungarn von E. L. Beudant.

Feldspath und Hornblende eingestreut befinden, dafs die Grundmasse fast ganz davon verdrängt wird. Das Gestein ist weifs und hellgrau gesprenkelt und sehr hart, und zeigt splittrigen bis unebenen Bruch. Die Hornblende darin ist von dunkelgrüner Farbe und hat auf den Spaltflächen Perlmutterglanz, während der Feldspath, von heller Farbe, Glasglanz bis Fettglanz zeigt. Das ganze Gestein ist mit kohlensaurem Kalk durchzogen und braust daher mit Säuren schwach auf. — Das zweite Gestein, vom Berge Hrad bei Banow, hat eine von ganz feinen Poren durchzogene gleichförmige Grundmasse, in welcher sich keine einzelnen Bestandtheile mit blofsem Auge erkennen lassen; nur an einigen Punkten sieht man unter der Lupe Krystallblättchen von Feldspath. Diese Grundmasse hat eine bedeutende Härte, splittrigen Bruch, graue Farbe, eine rauhe Oberfläche und ein mattes Aussehen. Die kleinen Poren sind mit einem gelben Ueberzuge versehen, dessen Natur sich nicht erkennen läfst. In der Grundmasse liegen hie und da einzelne Krystalle von Hornblende, welche von schwarzer Farbe sind und deutliche Spaltflächen erkennen lassen, auf welchen sie Perlmutterglanz zeigen. Auch dieses Gestein enthält, obgleich es kein zersetztes Aussehen zeigt, etwas kohlensauren Kalk durch seine ganze Masse verbreitet, und gleicht in seinem Aeufseren mehreren trachytischen Felsarten Islands. — Das letzte Gestein aus dieser Reihe ist von Wissegrad bei Gran. Dasselbe hat eine röthliche Grundmasse, in welcher eine Menge kleiner Krystalle eingelagert sind. Die Grundmasse selbst ist hart und rauh, von mattem, erdigen Aussehen und hat feinsplittrigen Bruch. Nur hie und da zeigt sie ganz kleine Drusenräume, in welchen etwas kohlensaurer Kalk ausgeschieden ist. In der Grundmasse findet sich dunkler Glimmer, welcher einen röthlichen Schimmer zeigt, Feldspath von rother Farbe und hie und da auch Quarzkörner. Das ganze Gestein sieht aus, als ob es der Verwitterung schon etwas ausgesetzt gewesen wäre. Die Analysen dieser 3 Gebirgsarten gaben folgendes Resultat:

IX. Analyse. Trachyt von Srezawnica.

		Auf 100, wasser- u. kohlens.-freie Subst. berechn.	Nach der Formel berechnet.
Kieselerde	= 58,11	57,29	57,29
Thonerde	= 17,26	22,61	25,18
Eisenoxydul	= 5,72		
Kalkerde	= 10,85	10,70	8,61
Magnesia	= 1,81	1,78	4,82
Kali	= 3,66	3,64	1,45
Natron	= 4,01	3,95	2,65
Wasser	= 1,23	100,00.	100,00.
Kohlensäure	= 0,33		
	102,98.		

Hier kommen auf 1 Theil trachytische 2,19 Theile pyroxenische Masse.

X. Analyse. Trachyt vom Berge Hrad bei Banow.

		Auf 100, wasser- u. kohlens.-freie Subst. berechn.	Nach der Formel berechnet.
Kieselerde	= 53,85	55,63	55,63
Thonerde	= 17,95	25,72	26,12
Eisenoxydul	= 6,94		
Kalkerde	= 8,33	8,60	9,22
Magnesia	= 6,47	6,68	5,21
Kali	= 7,34	1,39	1,30
Natron	= 1,91	1,98	2,52
Wasser	= 2,55	100,00.	100,00.
Kohlensäure	= 0,44		
	99,78.		

1 Th. trachytische Masse ist mit 2,93 pyroxenischer verschmolzen.

XI. Analyse. Trachyt von Wissegrad.

		Auf 100, wasser- u. kohlens.-freie Subst. berechnet.		Nach der Formel berechnet.	
Kieselerde	= 58,49	60,27		60,27	
Thonerde	= 17,86	25,08		23,49	
Eisenoxydul	= 6,45				
Kalkerde	= 6,96	7,16		7,51	
Magnesia	= 2,60	2,68		4,12	
Kali	= 2,82	2,90	4,81	1,72	4,61
Natron	= 1,86	1,91		2,89	
Wasser	= 2,47	100,00.		100,00.	
Kohlensäure	= 0,22				
	99,73.				

1 Theil trachytische Masse ist mit 1,38 pyroxenischer verschmolzen.

Sieht man auch hier von den durch die Fehlerquellen der Analyse, die Ungleichheit der Mengung und die etwas zersetzte Beschaffenheit des Gesteins bedingten Schwankungen ab, so stellt sich abermals eine befriedigende Uebereinstimmung der gefundenen Werthe mit der Berechnung heraus. Man sieht daher, dafs die für Island und das armenische Hochland gefundenen Gesetze sich auch auf das Trachyt-Gebirge Ungarns anwenden lassen.

II. Plutonische Gesteine.

In der schon mehrfach angeführten Abhandlung »über die Processe der vulkanischen Gesteinsbildung Islands« hat Bunsen darauf hingewiesen, dafs bei älteren plutonischen Bildungen ähnliche genetische Beziehungen herrschen könnten, wie bei den von ihm untersuchten vulkanischen, ja dafs vielleicht alle plutonische und vulkanische Bildungen aus chemisch gleichen Quellen geflossen seyen. Dieser Gedanke war um so wahrscheinlicher, als nicht nur die mineralogisch so sehr verschiedenen Gebirgsarten Islands und des armenischen Hochlandes, sondern auch die der Färöen, des nördlichen Irlands und Ungarns eine vollkommen gleiche Durchschnittszusammensetzung zeigten.

Hierdurch geleitet, habe ich es unternommen, eine Anzahl älterer plutonischer Gesteine, die ich theils der Güte des Hrn Prof. Bunsen verdanke, theils selbst gesammelt habe, der Analyse zu unterwerfen. —

Es waren besonders zwei Fragen, deren Beantwortung ich mir zur Aufgabe machte:

1) Finden sich bei plutonischen Gesteinen, insbesondere den so sehr verbreiteten granitischen, ähnliche Uebereinstimmungen in der Durchschnittszusammensetzung, wie bei den vulkanischen? Sind auch hier unveränderliche Gesteinsquellen vorhanden, aus deren Zusammenschmelzen die granitischen Gesteine hervorgingen?

2) In welcher Beziehung stehen diese Gesteinsquellen zu den vulkanischen? Sind sie in ihrer Zusammensetzung verschieden von diesen, oder sind beide identisch?

Um diese Fragen zu beantworten, ist es nöthig die chemische Zusammensetzung der plutonischen Felsarten mit der aus der Theorie der vulkanischen Gesteinsbildung durch Rechnung sich ergebenden Zusammensetzung der trachytopyroxenischen Gesteine zu vergleichen. Es sollen deshalb neben die auf 100 und wasserfreie Substanz berechneten Analysen die Zahlen gesetzt werden, welche sich aus der von Bunsen für die vulkanischen Gesteine aufgestellten Formel $\alpha = \frac{s-S}{S-\sigma}$ ergeben, worin α die Menge der normalpyroxenischen Masse bezeichnet, die mit 1 Theil trachytischer Masse gemischt werden muſs, um die Zusammensetzung eines solchen vulkanischen Mischungsgesteins zu erhalten, welches mit dem zu untersuchenden plutonischen Gestein in seinem Kieselerde-Gehalt übereinstimmt.

Wegen der groſsen Ausdehnung der granitischen Gebirgsmassen schien gerade dieses Gestein besonders geeignet, die chemische Zusammensetzung desselben genau zu ermitteln und sein Verhältniſs zu den vulkanischen Bildungen zu studiren, da hier weniger die störenden Einflüsse fremder Gesteine zu befürchten waren. Es waren daher vor Allem die Granitmassen des Riesengebirges und der

Central-Karpathen, auf welche ich mein Augenmerk richtete; an die Gesteine dieser Gebirgsgruppen reihten sich dann noch einige Granite des Harzes und der Gegend von Heidelberg.

Im Riesengebirge zeigt sich der Granit sehr verbreitet, er erstreckt sich von Ost nach West von Kupferberg und Hirschberg über den ganzen Kamm bis nach Reichenberg an der Neifse, geht nach Norden zu in Granit-Gneifs, nach Süden zu in Glimmerschiefer über, und gränzt östlich an das Uebergangsgebirge. Aufserdem tritt er noch in vielen vereinzelten Punkten theils im Glatzer Gebirge, theils in der Ebene auf.

Die von mir in dem chemischen Laboratorium zu Breslau analysirten schlesischen Granite gehören zum Theil der Ebene, zum Theil dem Kamme an. Die ersteren sind aus der Gegend von Strigau, woselbst sich an mehreren Punkten Granitmassen aus dem angeschwemmten Lande erheben. Nordwestlich von Strigau wird der Granit von Basalt [1]) durchbrochen, der sich steil und kegelförmig zu mehreren Bergspitzen erhebt, worunter sich besonders der Kreuzberg auszeichnet. Die gröfsere Masse des dortigen Granits ist grobkörnig und wird an mehreren Stellen, besonders in einem Steinbruche zwischen Strigau und den Basaltbergen, von feinkörnigem Granit durchbrochen, der mit jenem grobkörnigen so fest verwachsen ist, dafs man leicht Handstücke schlagen kann, welche zur Hälfte aus dem Einen, zur Hälfte aus dem Andern bestehen. Derselbige grobkörnige Granit

1) Dieser Basalt hat folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	= 44,85
Thonerde	= 17,56
Eisenoxydul	= 13,75
Manganoxydul	= 1,32
Kalkerde	= 12,83
Magnesia	= 9,74
Kali	= 0,90
Natron	= 0,24
Wasser	= 0,60
	101,79.

wird auch nördlich von Strigau am Streitberge anstehend gefunden, von welcher Lokalität auch der Granit No. XII. stammt. Es ist diefs ein grobkörniges, aus deutlich abgeschiedenem Feldspath, Quarz, Oligoklas und Glimmer bestehendes Gestein. Der Feldspath, welcher bedeutend gegen die andern Gemengtheile vorherrscht, ist von weifser ins Graue geneigter Farbe, undurchsichtig, nirgends regelmäfsig begränzt, auf den Spaltflächen stark glänzend; der Quarz, nächst dem Feldspath der am stärksten hervortretende Gemengtheil, besitzt eine graulich oder bräunlich weifse Farbe, und ist in Körnern oder kleineren körnigen Partieen in dem Gesteine enthalten; der Magnesiaglimmer fand sich in kleinen durch ihre schwarze Farbe und ihren Glanz deutlich hervortretenden Blättchen meist ohne regelmäfsige Begränzung in dem Gestein zerstreut. Während diese drei Gemengtheile in überwiegender Menge vorhanden waren, fand sich der Oligoklas nur in sehr geringer Quantität von grünlichweifser Farbe mit Fettglanz und der eigenthümlichen Streifung auf der deutlichsten Spaltfläche; Kaliglimmer war in den zur Analyse verwandten Stücken gar nicht vorhanden. Im Ganzen war die Mengung der Bestandtheile eine regelmäfsige; um jedoch jeden Fehler, der durch die Grobkörnigkeit des Gesteins hätte entstehen können, zu vermeiden, wurden 800 Gramm davon fein pulverisirt, sehr innig gemengt und von diesen ein Theil zur Analyse verwandt. Das Gestein No. XIII. stammt von dem den vorigen Granit durchbrechenden Ganggranit. Es ist sehr feinkörnig und fest, von graulichweifser Farbe und besteht aus einem sehr innigen und gleichförmigen Gemenge von Feldspath, Quarz, Oligoklas und Magnesiaglimmer. Der Feldspath fand sich in kleinen Körnern in dem Gestein und bildete die Hauptmasse desselben, neben ihm trat der Quarz in graulichweifsen Körnern hervor, während Magnesiaglimmer von schwarzer Farbe in verhältnifsmäfsig grofser Menge durch die ganze Masse verbreitet war, und dem Gestein eine dunklere Farbe ertheilte. Oligoklas war nur sehr selten, Kaliglimmer gar nicht sichtbar.

XII. Analyse. Grobkörniger Granit von Strigau.

		Auf 100 u. wasserfr. Subst. berechnet.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	= 73,13	74,49		74,49	
Thonerde	= 12,49	12,72			
Eisenoxydul	= 2,58	2,63	15,93	15,46	
Manganoxydul	= 0,57	0,58			
Kalkerde	= 2,40	2,44		2,25	
Magnesia	= 0,27	0,28		0,79	
Kali	= 4,13	4,21	6,86	3,00	7,01
Natron	= 2,61	2,65		4,01	
Wasser	= 0,53	100,00.		100,00.	
	98,71.				

XIII. Analyse. Feinkörniger Granit von Strigau.

Kieselerde	= 71,20	71,97		71,97	
Thonerde	= 12,81	12,95			
Eisenoxydul	= 4,54	4,59	17,93	16,89	
Manganoxydul	= 0,39	0,39			
Kalkerde	= 2,02	2,04		3,18	
Magnesia	= 0,35	0,36		1,38	
Kali	= 4,76	4,81	7,70	2,77	6,58
Natron	= 2,86	2,89		3,81	
Wasser	= 0,43	100,00.		100,00.	
	99,36.				

Diese beiden Gesteine, von denen Eines das Andere gangförmig durchsetzt, haben in ihrer Durchschnittszusammensetzung eine grofse Aehnlichkeit mit einander, und unterscheiden sich nur in ihrem Kieselsäure- und Eisenoxydul-Gehalt. Vergleicht man nun die Resultate der Analyse mit den nach der Formel berechneten Zahlen, so zeigt sich hier eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen diesen granitischen Felsarten und den trachytopyroxenischen Gesteinen, welche wie in No. XII. aus 1 Theil trachytischer auf 0,083 pyroxenischer Substanz, und wie in No. XIII. aus 1 Theil trachytischer und 0,2 pyroxenischer Substanz bestehen.

Eine noch gröfsere Uebereinstimmung zeigt sich bei einem von der Nordostseite der kleinen Sturmhaube (auf der Mitte des Kammes) stammenden Gesteine, welches aus einem sehr feinkörnigen, innigen Gemenge von Feldspath, Oligoklas und Quarz besteht, in welchem nur hie und da einzelne schwarze Punkte liegen, die wahrscheinlich Hornblende sind, während der Glimmer ganz zu fehlen scheint. Der Feldspath ist hier von rother Farbe und giebt dadurch, dafs er der vorwaltende Bestandtheil ist, dem Gestein eine röthliche Färbung, der Oligoklas, dem Feldspath an Menge nur wenig nachstehend, unterscheidet sich von diesem nicht nur durch die ihm eigenthümliche Streifung auf den Spaltflächen, sondern auch durch seine weifse oder graulichweifse Farbe. Der Quarz findet sich in einzelnen graulich oder bräunlichweifsen abgerundeten Körnern in der ganzen Masse verbreitet.

XIV. Analyse. Granit von der kleinen Sturmhaube.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	= 76,02	76,81		76,67	
Thonerde	= 12,71	12,84	14,52	14,23	
Eisenoxydul	= 1,25	1,27			
Manganoxydul	= 0,31	0,31			
Kalkerde	= 1,20	1,21		1,14	
Magnesia	= 0,14	0,14		0,28	
Kali	= 4,90	4,95	7,42	3,20	7,38
Natron	= 2,44	2,47		4,18	
Wasser	= 0,48	100,00.		100,00.	
	99,45.				

Dieses Gestein stimmt vollkommen mit der normaltrachytischen Zusammensetzung überein, und entspricht daher wie die kieselerdereichsten trachytischen Gesteine Islands einem Gemenge aus zweifachsauren Thonerde- und Alkali-Silicaten, in denen Kalk, Magnesia und Eisenoxydul fast ganz zurücktreten.

Es geht aus diesen drei Analysen hervor, dafs die Gra-

nite des Riesengebirges wirklich eine Uebereinstimmung in ihrer Zusammensetzung mit gewissen vulkanischen Gesteinen zeigen, derart, dafs sich hier nicht nur die kieselerdereichsten Endglieder, sondern auch Mischlingsgesteine wiederfinden, die entstanden sind aus dem Zusammenschmelzen zweier Gesteinsquellen, welche den bei der vulkanischen Gesteinsbildung thätigen Quellen vollkommen entsprechen.

Ebenso wie in Schlesien finden sich auch in den Central-Karpathen (des Tatra) ausgedehnte Granit-Bildungen, welche den ganzen von Ost nach West sich erstreckenden Höhenkamm dieses Gebirges zusammensetzen, und häufig Uebergänge in Gneifs und Glimmerschiefer zeigen.

Von diesen Graniten standen mir 3 Exemplare, welche Hr. Prof. Bunsen von dort mitgebracht hat, zur Verfügung. Das erste derselben (No. XV) stammt vom Meerauge im Fischseethale am nördlichen Abhange des Tatra-Gebirges; es ist ein ziemlich grobköruiges aus Feldspath, Oligoklas, Quarz, Magnesia- und Kali-Glimmer bestehendes Gestein, in welchem der Feldspath, von weifser bis grünlichweifser Farbe und deutlicher Spaltbarkeit, Perlmutterglanz zeigt, der Oligoklas an Farbe, nur wenig von dem Feldspath verschieden, von diesem sich nur durch die Streifungen auf der deutlichsten Spaltfläche unterscheidet. Feldspath und Oligoklas sind in ziemlich gleicher Menge vorhanden; untergeordnet tritt der Quarz in graulichweifsen und glasglänzenden Körnern auf. Der Magnesia-Glimmer ist stets nur von grüner oder grünlichschwarzer Farbe, und findet sich in ziemlich bedeutender Menge in kleinen Blättchen durch das ganze Gestein verwachsen, während der Kali-Glimmer, von silberweifser und graulichweifser Farbe, in etwas geringerer Menge sich vorfindet.

XV. Analyse. Granit [1]) vom Meerauge im Fischseethale.

		Auf 100 u. wasserfreie Substanz berechnet.		Nach d. Formel berechnet.
Kieselerde	= 69,31	69,25		69,25
Thonerde	= 16,40	16,37		
Eisenoxydul	= 4,30	4,30	20,70	18,42
Manganoxydul	= 0,03	0,03		
Kalkerde	= 3,06	3,06		4,19
Magnesia	= 0,83	0,83		2,02
Kali	= 2,87	2,87		2,53
Natron	= 3,29	3,29		3,59
Wasser	= 0,84	100,00.		100,00.
	100,93.			

Das zweite Handstück ist aus dem kleinen Kohlbachthale (Fünf-Seen) am östlichen Theile des Südabhanges des Tatra-Gebirges, und bildet eine ziemlich grobkörnige aber *gleichmäfsig* gemengte Felsart, worin der in überwiegender Menge vorhandene, weifs gefärbte mit deutlichen Spaltflächen versehene Feldspath in verhältnifsmäfsig kleineren oder gröfseren Absonderungen vertheilt ist, zwischen welchen, mehr untergeordnet, der schwach grünlich gefärbte Oligoklas und der Quarz zu sehen ist, der in einzelnen graulichweifsen Körnchen in der Masse hervortretend, oft in die gröfseren Feldspathindividuen eingelagert zu seyn scheint. Der Magnesia-Glimmer ist nur von dunkelgrüner Farbe und in ziemlich bedeutender Menge vorhanden, während der Kali-Glimmer in vielen kleinen graulich- oder gelblichweifsen Blättchen zu sehen ist. Beide Glimmerarten scheinen ungefähr in gleicher Menge in dem Gestein vorhanden zu seyn.

[1]) Dieses und die folgenden Gesteine sind im chemischen Laboratorium zu Heidelberg analysirt worden.

XVI. Analyse. Granit aus dem kleinen Kohlbachthale.

		Auf 100 u. wasserfreie Substanz berechnet.		Nach d. Formel berechnet.
Kieselerde	= 68,38	68,35		68,35
Thonerde	= 17,87	17,86	21,13	18,94
Eisenoxydul	= 2,40	2,40		
Manganoxydul	= 0,85	0,85		
Kalkerde	= 3,12	3,12		4,52
Magnesia	= 0,85	0,85		2,23
Kali	= 2,99	2,99		2,44
Natron	= 3,58	3,58		3,52
Wasser	= 0,80	100,00		100,00.
	100,84.			

Das dritte Handstück stammt aus dem Völkerthal, am mittleren Theile des südlichen Abhanges des Tatra. Es ist ein grobkörniges Gestein, dessen Gemengtheile weniger gleichmäfsig vertheilt sind, als bei den vorigen Graniten, weshalb auch hier, um eine innigere Mengung hervorzubringen, eine gröfsere Quantität fein pulverisirt wurde. Der Feldspath in diesem Granit ist von weifser Farbe, durch seinen Glanz vorzüglich in gröfseren Individuen deutlich hervortretend, bildet den vorwaltenden Gemengtheil und läfst sich leicht von dem ebenfalls in grofser Menge vorhandenen Oligoklas dadurch unterscheiden, dafs dieser eine grünlichweifse Farbe, und auf den Spaltflächen die eigenthümliche Streifung zeigt. Zuweilen sieht man in den gröfseren Feldspathindividuen krystallinische Körnchen von Oligoklas liegen. Der Quarz, theils in einzelnen Körnern, theils in gröfseren körnigen Aussonderungen vorkommend, ist von graulichweifser Farbe und steht an Menge dem Oligoklas nur wenig nach. Magnesia-Glimmer, stets in grün gefärbten Schüppchen und Kaliglimmer in kleinen graulichweifsen stark glänzenden Blättchen, sind in geringerer Menge vorhanden.

XVII. Granit vom Völkerthal.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	= 71,16	71,92		71,92	
Thonerde	= 15,57	15,67			
Eisenoxydul	= 1,81	1,82	17,58	16,92	
Manganoxydul	= 0,09	0,09			
Kalkerde	= 1,43	1,44		3,18	
Magnesia	= 0,58	0,59		1,38	
Kali	= 6,39	6,43	8,47	2,78	6,60
Natron	= 2,03	2,04		3,82	
Wasser	= 0,76	100,00.		100,00.	
	100,12.				

Auch bei diesen Gesteinen der Central-Karpathen zeigt sich wiederum eine auffallende Uebereinstimmung mit den vulkanischen Gesteinen, die wie in No. XV. auf 1 Theil trachytische 0,357 pyroxenische Substanz, oder wie in No. XVI. auf 1 Theil trachytische 0,419 pyroxenische und wie in No. XVII. auf 1 Theil trachytische 0,202 pyroxenische Substanz enthalten. Die hierdurch vertretene Reihe nähert sich also schon etwas mehr der normalpyroxenischen Zusammensetzung. —

Die Gesteine, aus welchen der Harz zum gröfsten Theile besteht, sind ältere neptunische Bildungen, deren Schichten durch plutonische Gesteine durchbrochen, gehoben und vielfach verändert worden sind. Zu den letzteren gehört vorzugsweise der Granit, der sich zu den bedeutendsten Höhen erhebt, und in zwei Gruppen gesondert erscheint, deren eine das Brockengebirge zusammensetzt, während die andere von der Victorshöhe (Ramberg) bis über die Rofstrappe hinaus sich erstreckt. — Die Granite, welche ich der Analyse unterwarf, stammen von dem nördlichen Rande der grofsen Granitgruppe des Brockens; der erste derselben wird im Holzemmenthale oberhalb Wernigerode anstehend gefunden, und stellt ein feinkörniges, sehr inniges Gemenge aus Feldspath, Quarz und Glimmer dar, in welchem nur sehr selten einzelne Feldspathkrystalle ausgeschie-

den sind. Der Feldspath ist hier mehr oder weniger bräunlichgrau gefärbt, was auf eine schwache Verwitterung hinweist, wodurch denn auch dem ganzen Gestein eine bräunliche Färbung ertheilt wird; er ist aber im Bruche noch ganz frisch und zeigt auf den Spaltflächen Glasglanz bis Perlmutterglanz. Der Quarz findet sich in graulich- oder röthlichweifsen Körnern zwischen den Feldspathindividuen vertheilt, während der Magnesia Glimmer in Täfelchen von rein schwarzer Farbe in nicht sehr grofser Menge verbreitet ist. — Oligoklas konnte in dem zur Analyse verwandten Handstücke nicht gefunden werden, ist also entweder gar nicht, oder nur in sehr geringer Menge in dem Gestein vorhanden; ebenso fehlt der Kali-Glimmer gänzlich.

XVIII. Analyse. Granit aus dem Holzemmenthale.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach der Formel berechnet.	
Kieselerde	= 71,93	72,29		72,29	
Thonerde	= 12,89	12,95			
Eisenoxydul	= 5,56	5,58	18,63	16,70	
Manganoxydul	= 0,10	0,10			
Kalkerde	= 1,81	1,83		3,02	
Magnesia	= 0,47	0,48		1,29	
Kali	= 4,88	4,90	6,77	2,80	6,7
Natron	= 1,86	1,87		3,90	
Wasser	= 0,49	100,00.		100,00.	
	99,99.				

Der zweite Granit des Harzes ist von der Plefsburg in der Nähe des Ilsensteins und bildet ein ziemlich feinkörniges, graubraun gefärbtes Gestein, worin der vorwaltende Feldspath von graulichweifser Farbe an einigen Stellen einer ganz schwachen Verwitterung ausgesetzt gewesen zu seyn scheint, da er zuweilen mit einem ganz feinen bräunlichen Ueberzuge bedeckt ist, während er auf dem Bruche noch frisch ist, deutliche Spaltflächen und auf diesen Perlmutterglanz zeigt. Der Quarz, nächst dem Feldspath der vorherrschende Gemengtheil, bildet kleine graulich-

lichweifse gefärbte Körner. Der Magnesia-Glimmer hat eine schwarze oder bräunlichschwarze Farbe, und tritt nur in geringer Menge hervor. In noch kleinerer Menge findet sich Oligoklas von grünlichweifser Farbe hier und da in ganz vereinzelten Individuen. Kali-Glimmer ist gar nicht vorhanden.

XIX. Analyse. Granit von der Plefsburg.

			Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	=	73,41	73,96		73,96	
Thonerde	=	14,87	14,99	16,93	15,75	
Eisenoxydul	=	1,73	1,74			
Manganoxydul	=	0,20	0,20			
Kalkerde	=	1,79	1,80		2,43	
Magnesia	=	0,34	0,35		0,91	
Kali	=	4,33	4,36	6,96	2,97	6,95
Natron	=	2,58	2,60		3,98	
Wasser	=	0,57	100,00.		100,00.	
		99,82.				

Abgesehen von den aus der Ungleichförmigkeit der Mengung und den unvermeidlichen Fehlern der Analyse hervorgehenden Schwankungen, zeigt sich auch hier wiederum das Gesetz, welches für die vulkanischen Gesteine gültig ist, vertreten, so dafs No. XVIII. einem vulkanischen Gesteine entspricht, welches auf 1 Theil trachytische 0,18 Theile pyroxenische Substanz enthält, während das Gestein No. XIX. mit einem vulkanischen Mischlingsgestein übereinstimmt, welches aus dem Zusammenschmelzen von 1 Theil trachytischer mit 0,10 Theilen pyroxenischer Substanz entstanden ist.

Endlich ist es noch ein granitisches Gestein von der Bergstrafse, welches der Analyse unterworfen wurde. — Der Granit tritt hier an dem westlichen Rande des Odenwaldes hervor, erhebt sich zu bedeutender Höhe, wird im Osten von buntem Sandstein bedeckt und tritt dann weiter südlich im Neckarthale bei Heidelberg wieder hervor. Von

hier ist auch das zur Analyse verwandte Handstück und zwar von einem am linken Neckarufer oberhalb Heidelberg gelegenen Steinbruche, in welchem ein porphyritischer Gebirgsgranit sowohl von dem jüngeren feinkörnigen, als auch von dem grobkörnigen jüngsten Ganggranit durchbrochen wird [1]). Ich entnahm das zu untersuchende Gestein von jenem feinkörnigen Ganggranit, welcher hier eine gleichmäfsig gemengte aus Feldspath, Quarz, Kali-Glimmer und Turmalin bestehende Felsart bildet. Der Feldspath ist von röthlicher und graulichweifser Farbe und bildet den vorwaltenden Gemengtheil; der Quarz findet sich in grofser Menge sehr innig mit Feldspath verwachsen in kleinen fettglänzenden hell gefärbten Körnern; der Kali-Glimmer liegt in ganz kleinen Blättchen durch die ganze Masse zerstreut, während Magnesia-Glimmer und Oligoklas in dem Gemenge nicht zu finden waren.

Neben diesen wesentlichen Gemengtheilen war aber noch Turmalin in verhältnifsmäfsig grofser Menge darin vorhanden, besonders deutlich dadurch, dafs das hell gefärbte feinkörnige Gestein die schwarzen Turmalin-Nadeln klarer hervortreten liefs. Diese Nadeln waren minder gleichmäfsig durch die ganze Masse vertheilt wie die anderen Mineralien, indem sie oft in gröfseren Gruppen beisammenstanden.

XX. Analyse. Granit von Heidelberg.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	= 72,11	73,30		73,30	
Thonerde	= 15,60	15,85	17,68	16,14	
Eisenoxydul	= 1,53	1,56			
Manganoxydul	= 0,26	0,27			
Kalkerde	= 1,26	1,28		2,68	
Magnesia	= 0,34	0,35		1,06	
Kali	= 5,00	5,08	7,39	2,90	6,82
Natron	= 2,27	2,31		3,92	
Wasser	= 0,83	100,00.		100,00.	
	99,20.				

1) Beiträge zur Geologie der Gegend von Heidelberg von Gustav Leonhard.

Auch dieses Gestein zeigt in seiner Durchschnittszusammensetzung dieselben Mengenverhältnisse der Bestandtheile, wie die entsprechenden vulkanischen Gesteine, so zwar, dafs es mit einem aus 1 Theil trachytischer und 0,135 pyroxenischer Substanz bestehenden vulkanischen Mischlingsgestein in seiner Zusammensetzung übereinstimmt.

Bei allen bisher angeführten Analysen mufste, aufser anderen unbedeutenden Schwankungen, der durchgängig zu geringe Magnesia-Gehalt auffallen; allein es sind mehrere Gründe vorhanden, aus denen sich eine solche Differenz erklären läfst. Zum Theil liegt diese Differenz innerhalb der Schwankungen, denen jeder Bestandtheil bei der Analyse eines so grobkörnigen und ungleichförmig gemengten Gesteins wie der Granit unterworfen ist; anderntheils kann sie ihren Grund in einer durch Temperatur- und Druckverhältnisse hervorgerufenen ungleichen Ausscheidung der einzelnen Gemengtheile haben [1]). Ferner sind die Mittelzahlen für die Zusammensetzung der Normaltrachytischen und Normalpyroxenischen Gesteine aus einer Anzahl von Analysen genommen, die selbst mehr oder weniger von der Mittelzahl abweichen und besonders bei den Mengenverhältnissen der Magnesia gröfseren Schwankungen unterworfen sind, so dafs die in der normaltrachytischen Zusammensetzung 0,28 Proc. betragende Menge dieses Bestandtheils aus Zahlen genommen ist, die zwischen 0,03 und 0,76 schwanken, es ist deshalb die Mittelzahl aus diesen so sehr von einander abweichenden Werthen keine ganz genaue, was bei der Vergleichung der obigen Analysen mit den berechneten Werthen wohl zu berücksichtigen ist. Der Hauptgrund dieser Schwankungen und Differenzen im Gehalte der Magnesia ist aber wohl der, dafs ihre Bestimmung nicht mit der Genauigkeit vorgenommen werden kann, wie die der andern Bestandtheile; besonders aber tritt diefs bei den Graniten deshalb hervor, weil hier die Menge der Magnesia eine so sehr geringe ist und dadurch eine genaue Bestimmung noch mehr erschwert wird.

1) Processe der vulkan. Gesteinsbildung Islands Seite 203.

Die Schwankungen in den Mengenverhältnissen der beiden Alkalien sind nicht auffallend, da sie sich auch bei den vulkanischen Gesteinen Islands wiederfinden.

Auf den Fluor-Gehalt der Granite konnte keine Rücksicht genommen werden, da derselbe zu unbedeutend war.

Nachdem es auf diese Weise als erwiesen betrachtet werden kann, dafs die Granite des Riesengebirges, der Karpathen u. s. w. theils mit den eigentlichen trachytischen Bildungen, theils mit Mischlingsgesteinen übereinstimmen, die sich aber in ihrer Zusammensetzung mehr den trachytischen Gesteinen nähern, indem ihr Kieselerde-Gehalt nicht unter 68 Proc. herabgeht, so mufste es wahrscheinlich erscheinen, dafs in den älteren plutonischen Perioden Gesteine müssen existirt haben, welche die normalpyroxenischen vertretend, mit den Kieselerde-reichsten Graniten (den Repräsentanten der normaltrachytischen Gesteinsmasse) nach denselben Gesetzen wie die beiden Endglieder der vulkanischen Gesteinsreihe zu Mischlingsgesteinen zusammenschmolzen.

Um nun in der Reihe der plutonischen Gesteine solche zu finden, welche die pyroxenischen Gesteine vertreten konnten und bei der plutonischen Gesteinsbildung thätig waren, so mufsten besonders diejenigen Gesteine ins Auge gefafst werden, welche sehr wenig oder gar keinen Quarz, dagegen andere Kalk- und Magnesia-reiche Mineralien enthalten. Dergleichen Gesteine sind die Diorite, Syenite und und andere Hornblende-Gesteine, und ich habe deshalb eine kleine Zahl solcher Gebirgsarten der Analyse unterworfen und hoffe dieselbe durch spätere Analysen noch vermehren zu können.

Das erste dieser Gesteine stammt von der Bergstrafse, wird in einem Steinbruche zwischen Zwingenberg und dem Meliboeus anstehend gefunden und durchsetzt hier ein ebenfalls analysirtes (No. XXII.) feinkörniges Hornblende-Gestein. Es bildet einen ziemlich grobkörnigen Diorit, bestehend aus Feldspath, Oligoklas, Quarz und Hornblende. Der Feldspath ist von weifser Farbe, aber nur in geringer

Menge vorhanden; vorherrschend ist der Oligoklas, welcher von weifser, röthlich- und grünlichweifser Farbe, deutliche Spaltflächen und auf diesen die charakteristischen Streifungen zeigt. Auch der Quarz tritt mehr untergeordnet in hell gefärbten glasglänzenden Körnern hervor. Glimmer ist hier gar nicht vorhanden, dagegen Hornblende in grofser Menge; sie ist von dunkelgrüner Farbe und bildet nicht einzelne Krystalle, sondern ist in kleinen Parthien ziemlich gleichmäfsig durch die ganze Gesteinsmasse verbreitet, und zeigt auf den Spaltflächen Perlmutterglanz. — An den Berührungsstellen dieses Gesteins mit dem weiter unten zu beschreibenden feinkörnigen Hornblende-Gestein sind beide scharf begränzt, ohne in einander überzugehen; sie bilden dabei eine so fest zusammenhängende ununterbrochene Masse, dafs man leicht Stücke schlagen kann, die zur Hälfte aus grobkörnigem Diorit, zur Hälfte aus feinkörnigem Hornblende-Gestein bestehen.

XXI. Analyse. Grobkörniger Diorit von Melibocus.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	= 68,27	67,86		67,86	
Thonerde	= 14,35	14,27	17,75	19,22	
Eisenoxydul	= 3,50	3,48			
Kalkerde	= 3,35	3,33		4,71	
Magnesia	= 3,79	3,77		2,36	
Kali	= 5,54	5,50	7,29	2,42	5,85
Natron	= 1,80	1,79		3,43	
Wasser	= 1,18	100,00.		100,00.	
	101,78.				

Das zweite dieser Gesteine ist ein Hornblende-Gestein und stammt von dem schon oben (bei No. XXI.) angeführten Steinbruche zwischen Zwingenberg und dem Melibocus und wird hier von dem vorhergenannten Diorit durchsetzt. Es bildet ein feinkörniges Gemenge von Hornblende und einem andern Mineral von weifser Farbe, worin die Hornblende von grünlichschwarzer bis dunkelschwarzer Farbe

ist und in feinen, kleinen Nadeln sich durch die ganze Gesteinsmasse verbreitet. Unter der Lupe erkennt man deutlich die perlmutterglänzenden Spaltflächen der Hornblende und die ihnen eigenthümlichen Streifungen. Zwischen diesen Hornblendenadeln erscheint in ganz kleinen Körnern von graulich- und bläulichweifser Farbe ein anderes Mineral, welches auf seiner Oberfläche matt und ohne deutliche Spaltbarkeit ist. Das Gemenge ist zu feinkörnig, als dafs dieses Mineral genauer bestimmt werden könnte. Neben diesen beiden Gemengtheilen findet sich hie und da auch noch fein eingesprengter Eisenkies von gelber Farbe. — Das ganze Gestein hat eine grünlichgraue Farbe, grofssplittrigen bis unebenen Bruch und zeichnet sich durch grofse Zähigkeit beim Zerschlagen und Zerreiben aus.

XXII. Analyse. **Hornblendegestein von Melibocus.**

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.
Kieselerde	= 55,02	55,48		55,48
Thonerde	= 19,32	19,48	27,56	26,21
Eisenoxydul	= 7,51	7,57		
Manganoxydul	= 0,51	0,51		
Kalkerde	= 8,52	8,60		9,27
Magnesia	= 4,33	4,37		5,24
Kali	= 1,21	1,22		1,28
Natron	= 2,75	2,77		2,52
Wasser	= 0,97	100,00.		100,00.
	100,14.			

Das dritte dieser Gesteine ist ein Syenit von Blansko in Mähren und bildet ein sehr innig gemengtes, aus Feldspath, Oligoklas, Quarz, Magnesia-Glimmer und Hornblende bestehendes, Gestein von splittrigem Bruche und sehr zäher Beschaffenheit. Der feldspathige Gemengtheil ist von weifser und grünlichweifser Farbe und deutlicher Spaltbarkeit; auf den Spaltflächen konnten bei einigen Körnern unter der Lupe Streifungen wahrgenommen werden, bei andern aber war diefs nicht möglich, obgleich die Spaltfläche deut-

lich sichtbar war; es ist deshalb wahrscheinlich, dafs hier Feldspath und Oligoklas neben einander vorhanden sind. Die Hornblende ist von grünlichschwarzer Farbe, lebhaftem Perlmutterglanz auf den Spaltflächen und findet sich in kleinen körnigen Massen in dem Gesteine verbreitet. Der Magnesia-Glimmer ist in bedeutender Menge und zwar in ganz kleinen Täfelchen von schwarzer Farbe in der Gesteinsmasse vorhanden, leicht erkennbar an seiner deutlichen Spaltbarkeit. Nur spärlich kommen hie und da kleine Quarzkörnchen vor, die an ihrem in den Fettglanz geneigten Glasglanz leicht zu erkennen waren. Aufserdem fanden sich an mehreren Stellen kleine Aussonderungen von braunem Granat, die sich durch ihre Härte auszeichneten.

XXIII. Analyse. Syenit von Blansko.

		Auf 100 u. wasserfreie Subst. berechn.		Nach d. Formel berechnet.	
Kieselerde	= 61,72	62,67		62,67	
Thonerde	= 13,57	13,79			
Eisenoxydul	= 7,16	7,27	21,39	22,13	
Manganoxydul	= 0,33	0,33			
Kalkerde	= 5,88	5,97		6,62	
Magnesia	= 3,33	3,38		3,56	
Kali	= 3,37	3,42	6,59	1,94	5,02
Natron	= 3,12	3,17		3,08	
Wasser	= 0,95	100,00.		100,00.	
	99,43.				

Man sieht hier leicht aus der Vergleichung der Analysen mit den Berechnungen, dafs diese Gesteine vollständig mit vulkanischen Mischlings-Gesteinen übereinstimmen, und dafs sie den normalpyroxenischen Gesteinen viel näher stehen, als die Granite, so zwar, dafs No. XXI. einem Gemenge von 1 Theil trachytischer mit 0,45 pyroxenischer, das Gestein No. XXII. einem Gemenge von 1 Theil trachytischer mit 3,02 Theilen pyroxenischer Substanz, das Gestein No. XXIII. endlich einem Gemenge aus nahezu gleichen Theilen (1 : 0,98) trachytischer und pyroxenischer Substanz

entspricht. Es hat sich nun hierdurch erwiesen, dafs die genannten Hornblende-Gesteine die von den Granitischen Gesteinen begonnene Reihe von Mischlings-Gesteinen fortsetzen, allein keines dieser Gesteine fiel mit der Normalpyroxenischen Masse selbst zusammen. — Dafs es aber Hornblende-Gesteine giebt, welche der normalpyroxenischen Zusammensetzung sehr nahe stehen, ja dieselbe sogar vertreten, geht aus einer Analyse hervor, welche Bischof [1]) von einem Hornblende-Gestein von Hartmannsgrün in Böhmen geliefert hat:

Hornblendegestein von Hartmannsgrün.

			Normalpyroxenische Zusammensetzung.	
Kieselerde	= 48,62		48,47	
Thonerde	= 20,19	31,12		
Eisenoxydul	= 10,93		30,16	
Kalkerde	= 11,93		11,87	
Magnesia	= 1,90		6,89	
Kali	= 1,27	3,58	0,65	2,61
Natron	= 2,31		1,96	
	97,15.		100,00.	

Alle Bestandtheile dieses Gesteins stimmen mit der normalpyroxenischen Zusammensetzung vollkommen überein, mit Ausnahme der Magnesia, deren Menge auch hier viel zu gering ist, was vielleicht zum grofsen Theil von der Schwierigkeit herrührt, diesen Körper genau zu bestimmen; es ist diefs um so wahrscheinlicher, da hier bei der Analyse ein bedeutender Verlust mufs stattgefunden haben und das Gestein als Hornblende-Gestein einen viel gröfseren Magnesia-Gehalt erwarten läfst.

Aus dem bisher Angeführten geht somit hervor, dafs auch in den älteren Perioden zwei Gesteinsquellen thätig waren, von welchen die eine mit der normaltrachytischen, die andere mit der normalpyroxenischen Zusammensetzung zusammenfällt; dafs ferner aus dem Zusammenschmelzen

1) Chemische und physik. Geologie, Bd. II, S. 930.

dieser beiden Endglieder gewisse plutonische Gesteine hervorgingen, welche in ihren mineralogischen Charakteren so sehr von den vulkanischen Gesteinen verschieden, dennoch mit diesen in ihrer Durchschnittszusammensetzung vollkommen übereinstimmen.

VII. *Ueber die Butter; von W. Heintz.*

Die erste gründliche Untersuchung der Butter rührt bekanntlich von Chevreul [1]) her. Dieser fand darin eine ziemlich grofse Reihe verschiedener, Glycerin enthaltender Fette, von denen einige neben Glycerin bei der Verseifung mit dem Wasserdampfe flüchtige, einige damit nicht flüchtige Säuren liefern. Er fand nämlich in den Verseifungsproducten der Butter drei verschiedene flüchtige Säuren, die er *acide butirique*, *acide caproïque* und *acide caprique* nannte. Erstere nennen wir jetzt noch Buttersäure, die zweite Capronsäure und die dritte Caprinsäure. Die nicht mit den Wasserdämpfen flüchtigen Säuren, welche er in jenen Verseifungsproducten entdeckte, waren, bei gewöhnlicher Temperatur, theils flüssig, theils fest. Die flüssige Säure hielt Chevreul für Oelsäure, die feste für ein Gemenge von Margarinsäure und Stearinsäure [2]). Aus Chevreul's Untersuchung durfte man schliefsen, dafs die Butter aus sechs verschiedenen Fetten bestehe, dem Butyrin, Capronin, Caprin, Margarin, Stearin und Oleïn, welche bei der Verseifung in jene sechs Säuren einerseits und in Glycerin andererseits zerfallen müssen. Aufserdem beobachtete er darin Spuren eines gelben, färbenden und eines aromatischen Princips [3]).

1) *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale, Paris* 1823, *p.* 115—149, 192—194, 215—235 und 270—282.*
2) *p.* 279.*
3) *p.* 278.*

Die Arbeiten über die Natur der Butter, welche später ausgeführt worden sind, haben die Ansichten, welche man darüber durch Chevreul erhalten hatte, etwas modificirt. Die Untersuchung von Lerch [1]), welche sich nur auf die daraus entstehenden flüchtigen Säuren beschränkt, lehrte uns noch eine vierte flüchtige Säure kennen, die Caprylsäure, welche Chevreul's Aufmerksamkeit entgangen war, so dafs wir also jetzt die Existenz von vier Glycerinfetten in der Butter annehmen müssen, welche bei ihrer Verseifung zur Bildung flüchtiger Säuren Anlafs geben. Zu den von Chevreul schon bekannten kommt noch das Caprylin hinzu. Wichtig ist, und ich mache hier schon vorläufig darauf aufmerksam, mir vorbehaltend, später auf diesen Gegenstand noch wieder zurück zu kommen, dafs die Zusammensetzung der Hydrate aller dieser Säuren durch die Formel $C^{4n} H^{4n} O^4$ ausgedrückt werden kann. Wenn man für *n* in dieser allgemeinen Formel die Zahlen 2, 3, 4, 5 einsetzt, so erhält man nach einander die Formeln der Buttersäure, Capronsäure, Caprylsäure und Caprinsäure.

So wie Lerch die flüchtigen Säuren aus der Butter, so hat Bromeis [2]) schon etwas früher die durch Verseifung derselben erhaltenen nicht flüchtigen Säuren einer erneuten Untersuchung unterworfen, und von den von Chevreul gefundenen etwas abweichende Resultate erhalten. Zwar gelang es ihm, wie diesem, sie in eine, bei gewöhnlicher Temperatur, flüssige und in eine feste Säure zu scheiden, aber letztere hält er für reine Margarinsäure, indem er ausdrücklich sagt, die Butter enthalte keine Stearinsäure [3]), und die flüssige Säure hält er für eine besondere, von der gewöhnlichen Oelsäure verschiedene Säure, die er Butterölsäure nennt. Letztere Ansicht wird in dem weiteren Verfolg dieser Arbeit ihre Widerlegung finden. Erstere Meinung stützt er namentlich darauf, dafs es ihm nicht gelungen ist, trotz des vielfältigsten Umkrystallisirens der

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 49, S. 212.*
2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 42, S. 46.*
3) Ebend. S. 49 unten u. S. 50 oben.*

festen Säure, eine bei 70° C. schmelzende Substanz abzuscheiden.

Wenn man jedoch überlegt, dafs nach meinen Untersuchungen [1]) die Margarinsäure, deren Existenz in der Butter Bromeis annimmt, nichts anderes ist, als ein Gemenge von Stearinsäure und Palmitinsäure, so folgt schon eben daraus, dafs dieser die Gegenwart der Margarinsäure darin annimmt, dafs dennoch in den Verseifungsproducten der Butter Stearinsäure enthalten seyn müsse, neben dieser aber nicht Margarinsäure, sondern Palmitinsäure.

Diefs wirklich mit Hülfe der Methoden, welche mir jetzt zu Gebote stehen, nachzuweisen, dazu hat mir mein Freund Bromeis mit freundlichster Bereitwilligkeit Gelegenheit gegeben. Derselbe übersendete mir 36 Grammen der Margarinsäure, welche er aus der Kuhbutter dargestellt hatte, und welche nach seiner Ansicht zwar keineswegs ganz rein, namentlich von Alkohol und Spuren der flüchtigen Säuren der Butter war, aber welche, wie er glaubte, keine Stearinsäure enthalten sollte.

Diese vermeintliche Margarinsäure bildete nicht eine gleichmäfsige zusammengeflossene Masse, sondern bestand aus den blättrigen Krystallen, in welchen nach meinen Beobachtungen Stearinsäure enthaltende Palmitinsäure aus der Alkohollösung anzuschiefsen pflegt. Wurde sie geschmelzt, so erstarrte sie beim Erkalten nicht nadelig krystallinisch, wie die vermeintliche Margarinsäure, sondern gänzlich ohne Krystallisation. Die Masse wurde vollständig opak. Ihr Schmelzpunkt lag bei $54\frac{1}{4}$° C. Sie verhielt sich, wie dasjenige Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure, welches den möglichst niedrigen Schmelzpunkt besitzt, der, wie ich in meinen früheren Arbeiten über die Fette nachgewiesen habe, etwas über 54° C. liegt. Die fernere Untersuchung dieser Säure bestätigte diese Ansicht vollkommen.

Die 36 Grm. der fetten Säure wurden in vielem heifsen Alkohol gelöst und mit einer ebenfalls heifsen Lösung von 2 Grm. essigsaurer Magnesia in Alkohol gemischt der Er-

1) Diese Ann. Bd. 87, S. 573* u. folgende.

kaltung überlassen. Es setzte sich nach einiger Zeit ein Niederschlag ab, der abfiltrirt und abgepreſst wurde. Durch Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure schied sich daraus die fette Säure aus, welche nun bei 56¼° C. schmolz. Durch Umkrystallisiren dieser Säure aus der alkoholischen Lösung erhöhte sich ihr Schmelzpunkt zuerst auf 59¾° C., dann auf 65½° C., dann auf 67½° C., 68½° C., endlich auf 69° C. Jetzt blieb er constant, er konnte ferner höchstens noch um $\frac{1}{10}$ Grad erhöht werden. Diese Säure war entschieden reine Stearinsäure.

Die von dem zuerst gefällten Magnesiasalze abfiltrirte Flüssigkeit wurde noch dreimal heiſs gemacht und mit 1 Grm. essigsaurer Magnesia, die in heiſsem Alkohol gelöst worden war, vermischt. Die nach dem Erkalten sich abscheidenden, abgepreſsten Niederschläge lieferten bei ihrer Zersetzung durch Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure Säuren, deren Schmelzpunkt bei 55¼° C., 55° C. und 55¼° C. lag. Diese Säuren muſsten noch zu viel Stearinsäure enthalten, als daſs ich hoffen durfte aus ihnen durch Umkrystallisiren reine Palmitinsäure zu gewinnen. Eine derselben lieferte bei einmaligem Umkrystallisiren aus der Alkohollösung eine bei etwas über 56° C. schmelzende und in der blättrigen Form der vermeintlichen Anthropinsäure[1]) erstarrende Säure, welche, wie ich in meiner Arbeit über das Hammelfett [2]) nachgewiesen habe, nichts anderes als ein Gemisch von Palmitinsäure und Stearinsäure ist.

Die alkoholische Lösung endlich, welche von dem letzten dieser Niederschläge abfiltrirt worden war, wurde nochmals mit einem Grm. essigsaurer Magnesia auf dieselbe Weise gefällt. Der erhaltene abgepreſste Niederschlag lieferte, als er durch anhaltendes Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure zersetzt wurde, eine bei 57½° C. schmelzende Säure, die also schon mehr Palmitinsäure enthalten muſste. Deshalb wurde die von diesem Magnesiasalze abgepreſste alkoholische Flüssigkeit durch einen Ueberschuſs

1) Diese Annalen Bd. 84, S. 247. *
2) Diese Annalen Bd 87, S. 569* u. folgende.

von essigsaurer Magnesia gefällt, der Niederschlag ausgepreſst und durch verdünnte Salzsäure wie früher zersetzt. Diese zuletzt erhaltene Säure schmolz bei $58\frac{1}{2}$° C.

Diese beiden Portionen der Säure wurden darauf in Alkohol gelöst und umkrystallisirt. Die stark abgepreſste Säure schmolz bei $60\frac{1}{2}$° C. Als diese Operation wiederholt wurde stieg der Schmelzpunkt zuerst auf 61° C., dann auf $61\frac{1}{2}$° C., endlich auf 62° C., über welchen hinaus er nicht zu erhöhen war. Als die Säure bei $60\frac{1}{2}$° C. schmolz, besaſs sie noch alle Eigenschaften der vermeintlichen Margarinsäure. Die nadelförmige Krystallisation machte jedoch endlich bei fortgesetztem Umkrystallisiren der schuppigen Platz. Die bei 62° C. schmelzende Säure konnte nichts anderes als Palmitinsäure seyn.

Durch die Elementaranalyse dieser so gewonnenen Säuren, der Stearinsäure und der Palmitinsäure, hätte ich zwar den Beweis liefern können, daſs sie eben nichts anderes seyen, als diese Säuren, daſs daher Stearin und Palmitin ebenfalls Bestandtheile der Butter sind. Allein da es mir wahrscheinlich schien, daſs eine Substanz, welche bei der Verseifung flüchtige Säuren der Fettsäurereihe in Menge liefert, und sich dadurch wesentlich von allen anderen thierischen Fetten unterscheidet, auch noch andere nicht flüchtige fette Säuren enthalten möchte, als die übrigen thierischen Fette, so schien mir eine gründliche Untersuchung der Butter von der gröſsten Wichtigkeit zu seyn. Ich unterlieſs deshalb vorläufig noch die Analyse der aus der vermeintlichen Margarinsäure erhaltenen Stearinsäure und Palmitinsäure, erwartend eine gröſsere Menge dieser Säuren aus einer groſsen Quantität Butter zu erhalten.

Zur Untersuchung wurden vier Pfund ganz vollkommen frischer, ungesalzener Kuhbutter verwendet. Der Gang derselben war der gewöhnliche. Die Butter wurde mit Hülfe von etwa dem vierten Theil ihres Gewichts kaustischen Kalis verseift, die Seife in vielem kochenden Wasser gelöst und in einem Destillationsapparate mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt. Die Mischung wurde so lange

der Destillation unterworfen, bis die in der Blase zurückgebliebene Masse nicht mehr nach flüchtigen Säuren roch.

Die bei dieser Operation gewonnenen flüchtigen Säuren habe ich nicht einer genaueren Untersuchung unterworfen, da seit Lerch's Arbeit die Natur derselben bekannt ist.

Der Rückstand in der Blase bestand nach dem Erkalten aus einer dicklichen, beinahe ganz festen fetten Substanz und aus einer wäfsrigen Flüssigkeit, aus welcher letzteren durch Neutralisation mit kohlensaurem Kali, Eindampfen und Ausziehen des Rückstandes mit starkem Alkohol, ein bräunlich gefärbtes Glycerin erhalten wurde.

Die fette Säure selbst endlich wurde in wenig Alkohol gelöst und nach dem vollkommenen Erkalten der Lösung der in fester Form abgeschiedene Theil ausgeprefst, welche Operation mit diesem Theil mehrfach wiederholt wurde. Die hierbei erhaltenen alkoholischen Flüssigkeiten wurden mit Ammoniak gesättigt und in der Wärme mit essigsaurem Bleioxyd gefällt. Der zusammengeflossene Niederschlag wurde mehrfach mit Wasser ausgekocht, getrocknet und endlich in eine grofse Masse Aether gebracht. Hierdurch zertheilte sich das Bleisalz in der Weise, dafs der in Aether lösliche Bestandtheil von diesem aufgenommen wurde, der unlösliche aber sich in Form eines höchst fein vertheilten Niederschlages absonderte. Die ätherische Lösung wurde abfiltrirt und der Niederschlag schnell unter einer kräftigen Presse in Leinwand eingeschlossen ausgeprefst.

Die geprefste Masse wurde darauf höchst fein zerrieben, nochmals mit vielem Aether übergossen, und nachdem die Mischung sehr lange gestanden hatte, endlich wiederum das Feste von dem Flüssigen mit Hülfe der Presse getrennt. Diefs wurde so oft wiederholt, als der Aether aus dem Bleisalz noch wesentliche Mengen darin löslicher Substanzen auszog. Das so gewonnene feste Bleisalz wurde mit einer grofsen Menge sehr verdünnter Salzsäure wiederholentlich anhaltend gekocht, bis die abgeschiedene fette

Säure von Bleioxyd gänzlich befreit war. Diese Säure, welche möglichst von Oelsäure befreit seyn mufste, wurde der aus der alkoholischen Lösung mehrfach abgeprefsten festen Säure beigegeben.

Die ätherischen Auszüge, welche auf die eben erhaltene Weise erhalten worden waren, wurden mit einer genügenden Menge Salzsäure geschüttelt, um die Bleioxydverbindung der im Aether gelösten fetten Säure zu sersetzen. Letztere blieb im Aether gelöst, aus demselben schied sich aber Chlorblei ab, welches mit dem Wasser der Salzsäure eine dickliche weifse Masse bildete. Von dieser wurde der Aether abgegossen, filtrirt und sofort der Destillation unterworfen. Im Rückstande blieb die noch unreine Oelsäure, welche mit überschüssigem Ammoniak versetzt und darauf mit Chlorbaryum gefällt wurde. Den Niederschlag wusch ich zuerst mit Wasser, dann mit Alkohol vollständig aus, und liefs ihn dann trocken werden. Darauf wurde er in Aether gebracht, um die in diesem Lösungsmittel auflöslichen Substanzen von dem ölsauren Baryt zu trennen. Der Aether zog daraus ein Barytsalz aus, das jedoch nur in so geringer Menge gewonnen wurde, dafs ich zufolge der Erfahrungen, welche ich bei Gelegenheit der Untersuchung des analogen Barytsalzes aus anderen Fetten gemacht hatte, seine ausführliche Untersuchung unterlassen konnte.

Die durch Aether hinreichend ausgewaschene ölsaure Baryterde wurde nun mit vielen Alkohol gekocht, und die kochend heifse Flüssigkeit filtrirt. Beim Erkalten derselben schied sich ein blendend weifses Salz ab, welches reine ölsaure Baryterde zu seyn schien. Es wurde noch einmal aus Alkohol umkrystallisirt und der Analyse unterworfen.

0,7052 Grm. dieser Verbindung lieferten 0,2397 Grm. schwefelsaure Baryterde, entsprechend 0,1573 Grm. oder 22,30 Proc. Baryterde.

Die reine ölsaure Baryterde enthält nur 21,86 Proc. Baryterde. Die Differenz von fast 0,5 Proc. glaubte ich dadurch erklären zu dürfen, dafs durch Aether doch noch

nicht die ganze Menge der in Aether löslichen, mehr Baryterde enthaltenden Verbindung ausgezogen worden sey. Deshalb brachte ich die aus der Alkohollösung abgeschiedene ölsaure Baryterde nochmals in eine grofse Quantität Aether, filtrirte die ätherische Lösung nach einigen Tagen ab, wusch den Niederschlag mit Aether aus, prefste den Rest desselben ab, und krystallisirte die so gewonnene ölsaure Baryterde nochmals aus der alkoholischen Lösung um. So erhielt ich jedoch ein Barytsalz, dessen Zusammensetzung nicht von der oben gefundenen abwich.

Aus 0,6018 Grm. desselben erhielt ich 0,2042 Grm. schwefelsaurer Baryterde. Diefs entspricht 0,134 Grm. oder 22,27 Proc. Baryterde.

Ich schlug daher folgenden Weg ein zur Gewinnung eines reineren ölsauren Baryts aus der Butter. Die ganze Menge des mir zu Gebote stehenden ölsauren Baryts, der schon mit Aether ausgezogen war, wurde im gepulverten Zustande mit Aether und etwas Salzsäure geschüttelt. Die ätherische Lösung, welche die Olsäure enthalten mufste, wurde von der wäfsrigen Schicht getrennt, mit Ammoniak schwach übersättigt und mit einer wäfsrigen Lösung von essigsaurem Bleioxyd sehr anhaltend geschüttelt. Die Mischung trennte sich beim Stehen in zwei Schichten. Die obere ätherische, welche nur noch das selbst in wasserhaltigem Aether lösliche ölsaure Bleioxyd enthalten konnte, wurde abgenommen, filtrirt und mit Salzsäure geschüttelt. Von der nun wieder erhaltenen ätherischen Lösung wurde der Aether abdestillirt, worauf der Rückstand in der Retorte mit Ammoniak übersättigt und mit Chlorbaryum gefällt wurde. Der Niederschlag wurde mit Wasser und endlich mit Alkohol ausgewaschen, worauf er durch wiederholtes Auskochen mit Alkohol und Erkalten der filtrirten alkoholischen Lösung in ein blendend weifses, krystallinisches Pulver umgewandelt wurde. Diese so gewonnene ölsaure Baryterde war rein. Sie lieferte bei der Analyse folgende Zahlen:

I.

I. 0,8108 Grm. derselben gaben 0,2713 Grm. schwefelsaure Baryterde, entsprechend 0,178 Grm. oder 21,93 Proc. Baryterde.

II. Aus 0,8672 Grm. erhielt ich 0,292 Grm. schwefelsaure Baryterde. Diefs entspricht 0,1916 Grm. oder 22,09 Proc. Baryterde.

III. 0,2563 Grm. endlich lieferten 0,562 Grm. Kohlensäure 0,218 Grm. Wasser und 0,0725 Grm. kohlensaure Baryterde.

	I.	II.	III.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	—	61,53	61,82	36 C
Wasserstoff	—	—	9,45	9,44	33 H
Sauerstoff	—	—	7,05	6,88	3 O
Baryterde	21,93	22,09	21,97	21,86	1 Ḃa
			100.	100.	

Die Verseifungsproducte der Butter enthalten also gewöhnliche Oelsäure, und dem entsprechend ist in der Butter selbst Oleïn enthalten.

Bei seiner Untersuchung der Butter glaubte Bromeis [1]) gefunden zu haben, dafs die mit den Wasserdämpfen nicht flüchtige, flüssige fette Säure, welche aus derselben durch Einwirkung kaustischer Alkalien entsteht, eine von der Oelsäure verschiedene Säure sey, die er Butterölsäure nannte. Wenn man jedoch die von ihm bei der quantitativen Untersuchung dieser Säure und ihrer Verbindungen gefundenen Zahlen genauer betrachtet, so wird man finden, dafs sie der Ansicht nicht entgegen stehen, sie viel mehr stützen, dafs die in den von Bromeis analysirten Präparaten enthaltene fette Säure hauptsächlich Oelsäure war, welche aber noch eine kohlenstoffärmere aber sauerstoffreichere Verbindung von geringerem Atomgewicht beigemischt enthielt und die abzuscheiden ihm nicht gelungen ist. Namentlich mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Barytmenge in dem von ihm dargestellten butterölsauren Baryt ganz mit der übereinstimmt, welche ich in dem noch nicht ganz gereinigten ölsauren Baryt aus Butter fand. Da nun durch

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 42, S. 55. *

Gottlieb [1]) nachgewiesen worden ist, dafs alles, was man vor ihm mit dem Namen Oelsäure bezeichnete, noch ein Gemenge verschiedener Säuren gewesen ist, und dafs namentlich die Bestimmungen des Atomgewichts dieser Säure, welche Varrentrapp [2]) ausgeführt hat, zu unrichtigen Schlüssen geleitet haben, so durfte man eigentlich schon durch diese Untersuchung veranlafst seyn, anzunehmen, dafs die flüssige Säure der Butter nichts anderes als gewöhnliche Oelsäure sey. Meine Untersuchung hebt über diesen Punkt die letzten Zweifel.

Die Methode, nach welcher ich den festen nicht flüchtigen Theil der aus der Butter dargestellten fetten Säuren in seine Bestandtheile zu zerlegen suchte, war genau dieselbe, welche ich bei meinen früheren Untersuchungen über die thierischen Fette [3]) angewendet habe. Im Ganzen standen mir 44 Loth dieses festen Theils zu Gebote.

Die ganze Masse dieser Säure wurde in Alkohol gelöst und mit einer heifsen alkoholischen Lösung von 32 Grm. essigsaurer Magnesia gemischt. Das beim Erkalten abgeschiedene Magnesiasalz wurde abgeprefst und durch Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure zersetzt. Die erhaltene Säure schmolz bei $54\frac{1}{4}$ ° C. Sie wurde noch einmal in heifsem Alkohol gelöst und mit einer heifsen alkoholischen Lösung von 16 Grm. essigsaurer Magnesia versetzt. Die aus dem nun beim Erkalten entstehenden Niederschlage gewonnene Säure schmolz bei $60\frac{1}{4}$ ° C. Durch einmaliges Umkrystallisiren stieg zwar der Schmelzpunkt auf $63\frac{1}{4}$ ° C., aber durch öftere Wiederholung dieser Operation konnte dieser Schmelzpunkt nicht weiter erhöht werden.

Da ich vermuthete, es könnte der Stearinsäure, welche ich in dieser Säure annehmen zu können glaubte, noch etwas eines nicht verseiften Fetts der Butter beigemischt seyn, so verwandelte ich die ganze Masse dieser Säure durch Kochen mit einer alkoholischen Kalilösung in Seife, *

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 57, S. 38.*
2) Ebend. Bd. 35, S. 196.*
3) Ann. Bd. 84, S. 221.

dampfte den Alkohol ab, indem ich nach und nach immer mehr Wasser hinzusetzte, und zersetzte endlich, nachdem der Alkohol vollständig verjagt war, die ganz klare Seifenlösung durch Kochen mit verdünnter Salzsäure. Die nun abgeschiedene Säure schmolz bei 62½° C., ihr Schmelzpunkt stieg aber bei einmaligem Umkrystallisiren auf 64½° C., der jedoch bei der zweiten Umkrystallisation auf 64° C. sank, bei welcher Temperatur er constant blieb.

Dieses eigenthümliche Verhalten dieser Säure veranlafste mich zu vermuthen, dafs dieselbe aus einem Gemisch von Stearinsäure mit einer in Alkohol noch schwerer löslichen Säure, die dann wahrscheinlich auch einen höheren Kohlenstoffgehalt als diese besitzen mufste, bestehen möchte. In dieser Vermuthung bestärkte mich der Umstand, dafs weder die Art, wie dieselbe sich aus der heifsen Alkohollösung beim Erkalten ausschied, noch die Art des Erstarrens, wenn die geschmolzene Säure der Abkühlung überlassen wurde, irgend etwas gemein hatte mit der, welche unter den angegebenen Umständen ein bei 64° C. schmelzendes Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure zeigt. Dieses krystallisirt aus Alkohol blättrig krystallinisch, und erstarrt sehr schuppig krystallinisch, während die vorliegende Säure in beiden Fällen sich ganz unkrystallinisch abschied.

Um mich zu überzeugen, ob meine Vermuthung der Wahrheit entspräche, löste ich die Säure, welche bei 64° C. schmolz, nochmals in den alkoholischen Flüssigkeiten, aus welchen sie herauskrystallisirt war, in der Wärme auf, mischte die Lösung noch mit mehr heifsen Alkohols, und fällte die Lösung wie früher durch eine Lösung von essigsaurer Magnesia (2½ Grm.) partiell. Die Säure, welche aus dem Niederschlage erhalten wurde, als derselbe mit sehr verdünnter Säure gekocht wurde, schmolz bei 63° C. und veränderte ihren Schmelzpunkt durch mehrmaliges Umkrystalliren aus der alkoholischen Lösung gar nicht. Ich hielt sie deshalb für rein, wollte mich aber durch einen Versuch noch besonders davon überzeugen. Darum löste

ich sie nochmals in Alkohol und fällte sie wiederum partiell durch essigsaure Talkerde. Die nun aus dem Niederschlag erhaltene Säure schmolz bei 59° C., während die aus der Lösung abgeschiedene erst bei $65\frac{1}{4}$° C. flüssig wurde.

Dieser Versuch lehrt zwar, dafs die in der obigen Weise erhaltene Säure noch nicht rein war, aber dennoch folgt entschieden aus diesem Versuch, dafs noch eine andere nicht flüchtige Säure, als die Stearinsäure und Palmitinsäure, sich in den Verseifungsproducten der Butter findet, und zwar eine Säure, die in Alkohol schwerer löslich ist als beide, und die bei der partiellen Fällung mit essigsaurer Talkerde noch mehr Neigung sich abzuscheiden hat, als selbst die Stearinsäure.

Ob der Schmelzpunkt dieser neuen Säure höher oder niedriger sey, als der der Stearinsäure, kann ich nicht entscheiden. Denn obgleich die endlich abgeschiedene Säure einen niedrigeren Schmelzpunkt (59° C.), als selbst die Palmitinsäure besitzt, so war sie doch noch nicht ganz rein. Sie mufste entschieden noch etwas Stearinsäure enthalten. Und da ein Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure weit leichter schmilzt, als selbst letztere, so könnte die Mischung der Stearinsäure und dieser neuen Säure, ebenfalls einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Stearinsäure besitzen, ohne dafs deshalb der Schlufs gezogen werden dürfte, auch die neue Säure selbst müsse im reinen Zustande leichter schmelzen, als die Stearinsäure. Bei einmaligem Umkrystallisiren der bei 59° C. schmelzenden Säure stieg übrigens der Schmelzpunkt auf $60\frac{3}{4}$° C., so dafs auch hieraus auf die Gemischtheit dieser Säure geschlossen werden darf.

Nach allen diesen Operationen war die Masse der Säure so gering geworden, dafs ich nicht wagen durfte, sie noch ferneren Scheidungsversuchen zu unterwerfen. Ich beschlofs daher, diese noch unreine Säure der Elementaranalyse zu unterwerfen, in der Hoffnung, dafs ihr Kohlenstoffgehalt höher seyn würde, als der der Stearinsäure,

wodurch denn allerdings jeder Einwurf gegen die Gegenwart einer besonderen Säure in der Butter beseitigt werden müfste. Es liefs sich diefs deshalb erwarten, weil in der Reihe der Fettsäuren immer diejenige, welche einen höheren Kohlenstoffgehalt besitzt, in Alkohol schwerer löslich ist, und gröfsere Neigung hat, bei der partiellen Fällung in den Niederschlag überzugehen. Der Versuch hat diese Voraussetzung vollkommen bestätigt.

I. 0,207 Grm. dieser bei $60\frac{3}{4}$ ° C. schmelzenden Säure lieferten 0,5807 Grm. Kohlensäure und 0,239 Grm. Wasser.

II. Aus 0,2008 Grm. erhielt ich 0,5638 Grm. Kohlensäure und 0,2307 Grm. Wasser.

Diese Zahlen führen zu folgender Zusammensetzung derselben.

	I.	II.	berechnet.	
Kohlenstoff	76,51	76,58	76,92	40 C
Wasserstoff	12,83	12,77	12,82	40 H
Sauerstoff	10,66	10,65	10,26	4 O
	100.	100.	100.	

Dafs diese Säure eine andere Säure in wesentlicher Menge enthalten mufs, als Stearinsäure und Palmitinsäure, geht aus ihrer Zusammensetzung mit Entschiedenheit hervor. Welche Formel ihr aber zukommt, läfst sich nicht mit derselben Zuverlässigkeit feststellen, da es nicht möglich ist, zu entscheiden, wie grofs die Menge der beigemischten Stearinsäure ist. Indessen so viel ist gewifs, dafs die Zusammensetzung der neuen Säure, welche ich von nun an *Butinsäure* nennen werde, nicht etwa durch die Formel $C^{38} H^{38} O^{4}$ ausgedrückt werden kann. Denn während ich bei der Elementaranalyse der noch mit der kohlenstoffärmeren Stearinsäure gemischte Butinsäure bis 76,58 Proc. Kohlenstoff fand, entspricht dieser Formel folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	76,51	38 C
Wasserstoff	12,75	38 H
Sauerstoff	10,74	4 O
	100.	

Da man nun aufserdem bei allen Analysen organischer Substanzen, namentlich so kohlenstoffreicher, zu wenig Kohlenstoff erhält, so ist die Formel für die Butinsäure, welche bei dem geringsten Kohlenstoffgehalt die gröfste Wahrscheinlichkeit für sich hat, $C^{40}H^{40}O^{4}$. Hierfür spricht noch, einmal, dafs die Hydrate derjenigen fetten Säuren, welche im thierischen Organismus vorkommen, oder vielmehr aus den thierischen Fetten durch Verseifung entstehen, und deren Natur mit Sicherheit ermittelt ist, eine durch 4 theilbare Anzahl Kohlenstoffatome enthalten, dann aber, dafs von der Reihe der fetten Säuren, die diesem Zahlengesetz untergeordnet sind, fast die ganze Reihe von der Buttersäure an die 8 Atome Kohlenstoff enthält, bis zu der Butinsäure mit 40 Atomen Kohlenstoff nur mit Ausschlufs der 24 Atome Kohlenstoff enthaltenden, in den Verseifungsproducten der Butter enthalten ist, wie diefs aus dem weiteren Verfolg dieser Untersuchung hervorgehen wird.

Endlich aber giebt eine Atomgewichtsbestimmung, die einzige, welche ich wegen Mangel an Material auszuführen vermochte, den letzten Beweis dafür. Ich habe nämlich von dem Rest der Butinsäure, welcher mir noch übrig war, die Barytverbindung dargestellt. Zu dem Ende kochte ich die Säure mit Alkohol und setzte zu der Flüssigkeit einen Krystall von chemisch reinem kohlensauren Natron hinzu. Die Mischung wurde gekocht, mit Wasser verdünnt und endlich im Wasserbade zur Trockne gebracht. Der trockene Rückstand wurde mit absolutem Alkohol ausgekocht, die kochend filtrirte Lösung mit kochendem Wasser verdünnt und mit Chlorbaryum gefällt. Der Niederschlag wurde vollkommen zuerst mit Wasser, dann noch mit Alkohol ausgewaschen und getrocknet.

0,3612 Grm. dieses Barytsalzes lieferten 0,1116 Grm. schwefelsaurer Baryterde. Hieraus folgt folgende Zusammensetzung desselben:

	Gefunden.	Berechnet.	
Butinsäure (wasserfrei)	79,73	79,86	1 At. Butins.
Baryterde	20,27	20,14	1 At. Baryt.
	100.	100.	

Aus dem Vorhergehenden geht mit Gewifsheit hervor, dafs in den Verseifungsproducten der Butter eine mehr als 38 Atome Kohlenstoff enthaltende Säure enthalten ist, die ich *Butinsäure* nenne. Mit grofser Wahrscheinlichkeit darf man annehmen, dafs ihre Zusammensetzung durch die Formel $C^{40}H^{39}O^{3}+HO$ auszudrücken ist. Dieser Butinsäure mufs in der Butter ein glycerinhaltiges Fett entsprechen, welches man *Butin* nennen kann.

Um nun die Stearinsäure zu gewinnen, deren Reindarstellung aus der Butter theils durch das gleichzeitige Vorkommen der in Alkohol schwerer löslichen Butinsäure, theils dadurch erschwert wird, dafs die Menge des in der Butter enthaltenen Stearins nicht bedeutend ist, habe ich eine grofse Zahl vergeblicher Versuche gemacht. Endlich gelang es auf folgende Weise.

Alle die alkoholischen Flüssigkeiten, aus welchen die Butinsäure abgeschieden war, und die neben dieser noch eine grofse Menge Stearinsäure, vielleicht auch etwas Palmitinsäure enthalten mufsten, wurden gemischt und in den Keller gestellt, um sie einer möglichst niedrigen Temperatur auszusetzen und dadurch die möglichst vollkommene Abscheidung der Butinsäure zu veranlassen. Nach mehreren Tagen wurde die alkoholische Flüssigkeit abgeprefst und filtrirt.

Unterdessen wurde die ursprüngliche alkoholische Lösung der aus der Butter erhaltenen fetten Säuren, aus der durch 32 Grm. essigsaure Magnesia die butinsäurehaltige Säureportion abgeschieden war, und welche noch die Hauptmasse jener Säuren enthalten mufste, zweimal hintereinander in der bekannten und oft erwähnten Weise durch eine alkoholische Lösung von 12 Grm. essigsaurer Magnesia gefällt. Die aus der ersten Portion des Magnesiasalzes erhaltene Säure schmolz bei $54\frac{1}{4}$° C., die aus der

zweiten gewonnene bei 55° C. Diese Steigerung des Schmelzpunkts schien darauf hinzudeuten, dafs hier die Menge der Palmitinsäure gegen die der Stearinsäure schon so vorwaltete, dafs durch allmälige Vermehrung des Stearinsäuregehalts der Schmelzpunkt zuerst sinken mufste. In der That, als diese Portion umkrystallisirt wurde, wobei mehr Palmitinsäure in der Lösung bleiben mufste, als Stearinsäure, sank ihr Schmelzpunkt auf 54¼° C.

Diese beiden bei 54¼° C. schmelzenden Säureportionen wurden darauf in jener alkoholischen Lösung, aus welcher die Butinsäure möglichst abgeschieden war, aufgelöst und nach Zusatz von noch etwas Alkohol zur Krystallisation hingestellt. Die hier sich abscheidende Säure wurde abgeprefst, sie schmolz bei 55¼° C. und erstarrte gänzlich unkrystallinisch. Beim zweiten Umkrystallisiren stieg der Schmelzpunkt auf 56¾° C., und beim Erstarren wurde die Oberfläche der Säure wellenförmig erhöht. Das dritte Umkrystallisiren hob den Schmelzpunkt auf 61½° C. Die Säure erstarrte nun in concentrisch gruppirten kleinen Nadeln. Beim vierten Umkrystallisiren stieg der Schmelzpunkt auf 64½° C, beim fünften auf 65½° C., beim sechsten auf 66¼° C. Indem der Schmelzpunkt hierbei stieg, minderte sich die Deutlichkeit der Nädelchen, in denen die Säure erstarrte. Beim siebenten Umkrystallisiren änderte sich der Schmelzpunkt nicht merklich, aber die nadelförmige Krystallisation wurde noch viel undeutlicher. Nochmals umkrystallisirt schmolz die Säure bei 66½° C., indem die Nädelchen auf der erstarrten Masse fast ganz verschwanden und endlich bei dem neunten Umkrystallisiren verschwanden die Nädelchen ganz. Gleichzeitig ging der Schmelzpunkt statt höher zu werden, auf 65° C. zurück. Diese Säure mufste nothwendig viel Butinsäure enthalten.

Da auch bei diesen Operationen die Stearinsäure nicht rein erhalten worden war, so mischte ich alle die alkoholischen Lösungen zusammen, welche bei diesem vielfachen Umkrystallisiren erhalten waren und setzte sie in den

Keller. Die hierbei nach 48 Stunden abgeschiedene Säure wurde ebenfalls entfernt, und die nun erhaltene alkoholische Lösung mit etwa dem fünften Theil ihres Volums kochenden Wassers gemischt. Es schied sich, als die Mischung im Keller erkaltete, eine ziemliche Menge der fetten Säure aus, deren Schmelzpunkt aber bei $54\frac{1}{2}$° C. lag. Beim ersten Umkrystallisiren stieg er jedoch auf 56° C., beim zweiten auf $56\frac{3}{4}$° C., beim dritten auf $62\frac{3}{4}$° C., beim vierten auf $66\frac{3}{4}$° C., beim fünften auf $68\frac{1}{2}$° C., beim sechsten auf 69° C., beim siebenten auf 69°,1 bis 69°,2. Als die Säure bei 56° C. schmolz, hatte sie nach dem Erstarren das Ansehen des Gemisches von Stearinsäure und Palmitinsäure, welchem ich früher den Namen Anthropinsäure gegeben hatte. Sie erschien grofsblättrig krystallinisch. Beim ferneren Umkrystallisiren aber verschwand zwar bald diese Form, die Säure wurde unkrystallinisch (beim Schmelzpunkt $56\frac{3}{4}$° C.), aber nach dem folgenden Umkrystallisiren zeigte die geschmolzene und wieder erstarrte Säure auf der Oberfläche nadelförmige Krystallisation. Diese *nahm bei* steigendem Schmelzpunkt allmälig ab, so dafs die bei $68\frac{1}{2}$° C. schmelzende Säure nur noch Spuren davon an sich trug. Die bei 69°,1 bis 69°,2 C. schmelzende Säure endlich verhielt sich ganz wie reine Stearinsäure. Jene nadelförmige Krystallisation einer Säure, die einen höheren Schmelzpunkt besitzt als die Palmitinsäure, hatte ich bis dahin noch nicht beobachtet. Es liegt die Vermuthung nahe, dafs sie durch Beimengung einer kleinen Menge Butinsäure, die in den anderen thierischen Fetten nicht hat gefunden werden können, zu der Stearinsäure veranlafst wird.

Dafs die, wie eben ausführlich beschrieben, gewonnene bei 69°,1 — 69°,2 C. schmelzende Säure reine Stearinsäure ist, bestätigt die Elementaranalyse derselben.

I. 0,210 Grm. derselben lieferten 0,5843 Grm. Kohlensäure und 0,2397 Grm. Wasser.

II. 0,2005 Grm. gaben 0,557 Grm. Kohlensäure und 0,228 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung dieser Säure:

	I.	II.	berechnet.	
Kohlenstoff	75,88	75,77	76,06	36 C
Wasserstoff	12,68	12,62	12,68	36 H
Sauerstoff	11,44	11,61	11,26	4 O
	100.	100.	100.	

Die ursprüngliche alkoholische Flüssigkeit, aus welcher durch essigsaure Magnesia die drei Portionen gefällt worden waren, welche wesentlich die Butinsäure und Stearinsäure enthielten, wurde allmälig weiter durch Lösungen von 12Grm. essigsaurer Magnesia in Alkohol in der oft beschriebenen Weise gefällt. Hierbei wurden nach und nach Magnesiaverbindungen erhalten, die bei ihrer Zersetzung durch Kochen mit verdünnter Säure fette Säuren lieferten, die bei 55° C., 54½° C., 53½° C., 53½° C., endlich bei 43° C. flüssig wurden. Nach Fällung dieser letzten Portion gab essigsaure Magnesia keinen weiteren Niederschlag mehr. Alle diese Säureportionen wurden mit einander vereinigt, und aus der alkoholischen Lösung umkrystallisirt. Dabei stieg ihr Schmelzpunkt allmälig auf 56½° C, 60¾° C., 61½° C., 61¾° C., endlich auf 62° C. Zugleich nahm die Säure, die anfänglich unkrystallinisch erstarrte, immer mehr die nadelförmige Krystallisation der vermeintlichen Margarinsäure an, die zuletzt jedoch der schuppig krystallinischen Form der Palmitinsäure Platz machte. Die Butter enthält von den bisher von mir untersuchten thierischen Fetten die gröfste Menge Palmitin, liefert daher auch am leichtesten Palmitinsäure.

Dafs diese Säure, die in ihren physikalischen Eigenschaften vollkommen mit der Palmitinsäure übereinstimmte, wirklich nichts anderes war, als diese Säure, dafür sprechen namentlich die Resultate, welche ich bei ihrer Analyse erhielt. Sie sind folgende.

I. 0,2836 Grm. dieser Säure lieferten 0,7767 Grm. Kohlensäure und 0,3186 Grm. Wasser.

II. 0,2004 Grm. gaben 0,5492 Grm. Kohlensäure und 0,2255 Grm. Wasser.

Diese Zahlen führen zu folgender Zusammensetzung der Palmitinsäure aus Butter:

	I.	II.	III.	
Kohlenstoff	74,69	74,74	75,00	32 C
Wasserstoff	12,48	12,50	12,50	32 H
Sauerstoff	12,83	12,76	12,50	4 O
	100.	100.	100.	

Nachdem durch die bisher beschriebenen Operationen die gröfste Menge der Butinsäure, Stearinsäure und auch ein grofser Theil der Palmitinsäure abgeschieden war, konnten nun noch leichter in Alkohol lösliche, und schwerer durch essigsaure Magnesia aus der alkoholischen Lösung fällbare Säuren mit anderem Schmelzpunkt als die drei genannten theils in der ursprünglichen Flüssigkeit enthalten seyn, welche nicht mehr durch essigsaure Talkerde gefällt werden konnte, theils in den alkoholischen Lösungen, aus denen endlich die Palmitinsäure durch Umkrystallisation rein abgeschieden worden war.

Um diefs zu untersuchen, wurde letztere Lösung mit etwa *dem* vierten Theil ihres Volums kochenden Wassers vermischt und im Keller längere Zeit stehen gelassen. Die heraus krystallisirende Säure schmolz erst bei 53° C., konnte daher nur sehr wenig der leichter schmelzenden Säure enthalten. Die davon abgeprefste und filtrirte Flüssigkeit wurde darauf mit der einen Ueberschufs an Magnesia enthaltenden gemischt, aus der also kein Magnesiasalz mehr niederfallen konnte und nach Zusatz von überschüssigem Kalihydrat (um die Bildung von Aetherarten unter dem Einflufs der in der Flüssigkeit enthaltenen freien Essigsäure zu vermeiden) der Destillation unterworfen.

Da der in der Retorte bleibende Rückstand möglicher Weise auch noch etwas ölsaures Kali enthalten und die Gegenwart gerade der Oelsäure die Untersuchung sehr erschweren konnte, so löste ich die von dem überschüssigen Kali abgeschiedene Seife in Alkohol, filtrirte die Lösung und schlug sie mit einer Lösung von neutralem essigsauren Bleioxyd nieder. Der Niederschlag wurde gewaschen, ge-

trocknet, und in Form eines sehr feinen Pulvers in Aether gebracht, der in der That noch eine geringe Menge eines Bleisalzes aufnahm.

Die aus dem mit Aether ausgewaschenen Bleisalze durch anhaltendes Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure abgeschiedene fette Säure schmolz bei $41\frac{1}{2}$° C. Dieser niedrige Schmelzpunkt liefs mich vermuthen, dafs nicht blofs Myristinsäure, sondern vielleicht auch die Säure, deren Magnesiasalz selbst in etwas verdünntem Alkohol leichtlöslich ist, und welche ich in den Verseifungsproducten des Wallraths gefunden hatte, die Cocinsäure, auch in denen der Butter vorkommen möchte. Um zunächst über letzteres gewifs zu werden, löste ich diese Säure in wenig Alkohol und versetzte die Mischung mit überschüssigem Ammoniak in Wasser. Zu der Mischung setzte ich nun noch etwas Salmiaklösung und endlich eine Lösung von schwefelsaurer Talkerde. Der entstandene Niederschlag wurde abfiltrirt und mit Wasser gewaschen. Darauf liefs ich das Wasser durch Alkohol verdrängen, fand aber, dafs derselbe nur sehr geringe Mengen des Magnesiasalzes gelöst hatte. Darauf kochte ich dasselbe mit vielem Alkohol, liefs die Lösung wieder erkalten, und prefste den erhaltenen Niederschlag von dem Alkohol ab. Die filtrirte alkoholische Lösung wurde darauf mit überschüssiger essigsaurer Baryterde versetzt und der erhaltene Niederschlag durch Salzsäure zersetzt. Die Menge der so erhaltenen fetten Säure war nur gering und ihr Schmelzpunkt lag bei 40° C. Aus ihr durfte ich nicht hoffen, reine Cocinsäure zu gewinnen, deren Schmelzpunkt bei einigen und dreifsig Graden liegt. Die von dem Barytniederschlag getrennte Flüssigkeit enthielt nur noch Spuren einer flüssigen fetten Säure, wahrscheinlich Oelsäure.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs Cocinsäure in den Verseifungsproducten der Butter nicht aufgefunden werden kann. Ob nicht Spuren davon dennoch darin enthalten sind, läfst sich jedoch nicht entscheiden.

Um nun zu untersuchen, welche Säure neben Palmitin-

säure und vielleicht auch neben Spuren von Stearinsäure und Butinsäure in dem in kaltem Alkohol nicht gelöst gebliebenen Theil des Magnesiasalzes enthalten war, kochte ich dasselbe mit einer etwas kleineren Menge Alkohol. Hierbei blieb ein Theil desselben ungelöst, ein anderer schied sich beim Erkalten der davon getrennten Alkohollösung aus, ein dritter blieb auch beim Erkalten in dem Alkohol gelöst. Als jedoch aus diesen drei Portionen des Magnesiasalzes die fetten Säuren wieder abgeschieden wurden, fand sich, dafs dieselben nahezu denselben Schmelzpunkt und im übrigen ganz gleiches Aussehen hatten. Die aus dem ersten gewonnene Säure schmolz nämlich bei 44° C., die aus dem zweiten bei 43¾° C., die aus dem dritten bei 43½° C.

Deshalb löste ich diese Säure wieder in Alkohol und stellte die Lösung 48 Stunden in den Keller. Die abgeschiedene und abgeprefste Säure schmolz bei 46½° C. Als sie aber nochmals auf dieselbe Weise umkrystallisirt wurde, stieg ihr Schmelzpunkt auf 57½° C. Die so abgeschiedene Säure mufste wesentlich Palmitinsäure enthalten. Die beiden hievon abgeprefsten Flüssigkeiten verdünnte ich mit einer kleinen Menge heifsen Wassers und setzte die Mischung wieder in den Keller.

Da jedoch der Schmelzpunkt der abgeschiedenen Säure nur unbedeutend höher war (er stieg auf 45° C.) als der, welcher das Gemisch der fetten Säuren vor dieser Operation besafs, so löste ich dieselbe wieder in der abgeprefsten alkoholischen Lösung kochend auf, und versetzte die Lösung mit einer kleinen Menge einer kochenden Lösung von essigsaurer Baryterde [1]). Der beim Erkalten entstandene Niederschlag wurde abfiltrirt, ausgeprefst und durch Kochen mit Salzsäure zersetzt. Die erhaltene Säure schmolz bei 45° C. Sie wurde als wesentlich noch Palmitinsäure enthaltend, nicht weiter untersucht.

1) Essigsaure Magnesia war nicht mehr zur Fällung anzuwenden, weil das Magnesiasalz der zu untersuchenden fetten Säure in Alkohol nicht unlöslich war.

Die von diesem Barytsalz getrennte Flüssigkeit wurde noch zweimal durch kleine Portionen essigsaurer Baryterde gefällt. Durch Zersetzung des zuerst erhaltenen Niederschlags wurde eine bei $43\frac{1}{2}$° C. schmelzende Säure gewonnen. Die aus dem letzten abgeschiedene schmolz bei $45\frac{1}{2}$° C. Endlich blieb in der Lösung eine kleine Menge einer fetten Säure, deren Schmelzpunkt noch etwas niedriger war. Er lag bei 36° C.

Jene bei $43\frac{1}{2}$° C. und bei $45\frac{1}{2}$° C. schmelzende Säureportionen mufsten im Wesentlichen aus der bei niedrigerer Temperatur als die Palmitinsäure schmelzenden Säure bestehen. Allerdings konnte ihr noch Palmitinsäure und Oelsäure beigemengt seyn. Um diese noch vollständiger zu entfernen, wurden beide Säureportionen in wenig Alkohol aufgelöst und die Lösung im Keller der Erkaltung überlassen. Die bei $43\frac{1}{2}$° C. schmelzende Säure setzte hiebei eine Säure ab, die, nachdem sie abgeprefst und vom anhängenden Alkohol befreit war, bei $46\frac{1}{2}$° C. schmolz. Aus der anderen Lösung dagegen schied sich nur eine geringe Menge Substanz aus, und der Schmelzpunkt dieser Portion war höher, er betrug $49\frac{3}{4}$° C. In diesen beiden Säureportionen befand sich ohne Zweifel noch viel Palmitinsäure. Die davon abgeprefsten und filtrirten alkoholischen Lösungen wurden mit wenig Wasser gemischt und nochmals stark erkaltet. Jene schied dabei eine bei 45° C., diese eine bei 48° C. schmelzende Säure ab. In den alkoholischen Lösungen mufsten hiebei die geringen Spuren von Oelsäure, die etwa noch vorhanden seyn mochten, gelöst bleiben.

Obgleich diese beiden Säureportionen unmöglich rein seyn konnten, so mufste ich doch von weiterer Reinigung abstehen, da die Menge der noch übrigen Substanz zu gering geworden war. Die Eigenschaften derselben stimmten jedoch sehr gut mit denen überein, welche die aus dem Wallrath abgeschiedene Myristinsäure besessen hatte. Ich glaubte daher die Hauptmasse dieser beiden Säureportionen für Myristinsäure halten zu dürfen und hoffte, dafs die Elementaranalyse darüber entscheiden würde. Ich habe

daher zwei solcher Analysen sowohl von der bei 45° als von der bei 48° C. schmelzenden Säureportion ausgeführt. Die Resultate derselben bestätigen die Richtigkeit meiner Vermuthung.

I. 0,2494 Grm. der bei 45° C. schmelzenden Säure lieferten 0,6726 Grm. Kohlensäure und 0,2756 Grm Wasser.

II. Aus 0,2065 Grm. erhielt ich 0,556 Grm. Kohlensäure und 0,2277 Grm. Wasser.

III. 0,2441 Grm. der bei 48° C. schmelzenden Säure gaben 0,6597 Grm. Kohlensäure und 0,2697 Grm. Wasser.

IV. 0,212 Grm. derselben Säure lieferten 0,5724 Grm. Kohlensäure und 0,2335 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	III.	IV.	Berechnet.	
Kohlenstoff	73,55	73,43	73,71	73,64	73,69	28 C
Wasserstoff	12,28	12,25	12,28	12,24	12,28	28 H
Sauerstoff	14,17	14,32	14,01	14,12	14,04	4 O
	100.	100.	100.	100.	100.	

Die gewonnenen Zahlen stimmen genau mit der Zusammensetzung der Myristinsäure überein. Da daher nicht blofs die Eigenschaften, sondern auch die Zusammensetzung dieser Säure mit denen der Myristinsäure übereinkommt, so halte ich mich für berechtigt, den Hauptbestandtheil der analysirten Säure damit für identisch zu erklären, obgleich es mir nicht möglich gewesen ist, diese Säure ganz rein aus der Butter darzustellen, oder den Grad ihrer Verunreinigung zu prüfen.

Wenn nun in den Verseifungsproducten der Butter Myristinsäure enthalten ist, so mufs die Butter selbst ein glycerinhaltiges Fett enthalten, welches man Myristin nennen kann.

Die Resultate dieser Untersuchung sind in Kürze folgende:

1) Die von Bromeis aus der Butter dargestellte Margarinsäure, welche, wenn auch nicht ganz rein, doch von Stearinsäure frei seyn sollte, ist ein Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure.

2) Die flüssige, nicht flüchtige Säure, welche in den Verseifungsproducten der Butter enthalten ist, besteht hauptsächlich aus gewöhnlicher Oelsäure, und nicht, wie diefs Bromeis glaubte, aus einer von dieser verschiedenen Säure. Eine besondere Butterölsäure existirt nicht. Es ist also in der Butter gewöhnliches Oleïn enthalten.

3) In den Verseifungsproducten der Butter ist eine fette Säure enthalten, welche in ihrem Hydrate mehr als 38 Atome Kohlenstoff auf vier Atome Sauerstoff enthält. Diese Säure, die Butinsäure, ist höchst wahrscheinlich der Formel $C^{40} H^{40} O^{4}$ gemäfs zusammengesetzt. Sie ist sehr schwer in kaltem Alkohol auflöslich und fällt bei der partiellen Fällung mit essigsaurer Talkerde mit den sich zuerst abscheidenden Säureportionen nieder. Ihr entspricht ein in der Butter enthaltenes Glycerin enthaltendes Fett, das Butin.

4) Neben Butinsäure ist aber in den Verseifungsproducten der Butter auch Stearinsäure enthalten, wenn auch nicht in vorwaltender Menge. Die Butter selbst enthält daher auch Stearin.

5) Die gröfste Masse der festen fetten Säuren aus der Butter besteht aber aus Palmitinsäure. Der gröfste Theil des festen Fetts der Butter ist also Palmitin.

6) Cocinsäure, d. h. eine bei etwas über 30° C. schmelzende, sehr leicht in Alkohol lösliche, mit Magnesia eine in diesem Lösungsmittel ebenfalls leicht lösliche Verbindung bildende Säure, kann in den Verseifungsproducten der Butter nicht aufgefunden werden.

7) Der am leichtesten in Alkohol lösliche Theil der festen fetten Säuren, welche durch Verseifung aus der Butter entstehen, ist Myristinsäure. In der Butter ist daher das Vorkommen von Myristin anzunehmen.

Wenn man die Resultate, welche Lerch [1]) bei seiner Untersuchung der aus der Butter entstehenden, mit den Wasserdämpfen flüchtigen Säuren erhalten hat, mit den obigem

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 49, S. 212.*

obigen combinirt, so wird man zu dem interessanten Resultate geführt, dafs die Butter die Glycerinfette einer ganzen Reihe von Säuren enthält, welche der Fettsäurereihe angehören. Lerch fand in den Verseifungsproducten derselben vier Säuren:

1) Buttersäure $C^8 H^8 O^4$.
2) Capronsäure $C^{12} H^{12} O^4$.
3) Caprylsäure $C^{16} H^{16} O^4$.
4) Caprinsäure $C^{20} H^{20} O^4$.

Die Atomenzahl des Kohlenstoffs und Wasserstoffs ist in diesen Formeln durch 4 theilbar. Von den Säuren, welche derselben Reihe angehören, deren Kohlenstoffatomanzahl aber nicht durch 4, sondern nur durch 2 theilbar ist, kommt keine in der Butter vor. Weder ist darin Valeriansäure, noch Oenanthylsäure, noch Pelargonsäure enthalten. Dasselbe gilt für die festen, fetten Säuren der Butter. Diese sind:

1) Myristinsäure $C^{28} H^{28} O^4$.
2) Palmitinsäure $C^{32} H^{32} O^4$.
3) Stearinsäure $C^{36} H^{36} O^4$.
4) Butinsäure $C^{40} H^{40} O^4$.

Die in ihrer Zusammensetzung zwischen diesen stehenden Säuren sind in der Butter nicht zu entdecken. Wenn nicht die Säure von der Formel $C^{24} H^{24} O^4$ ausfiele, so würden alle in der Zusammensetzung zwischen der Buttersäure ($C^8 H^8 O^4$) und Butinsäure ($C^{40} H^{40} O^4$) (diese selbst mit eingeschlossen) stehenden Säuren, deren Zusammensetzung durch die Formel $C^{4n} H^{4n} O^4$ ausgedrückt werden kann, in den Verseifungsproducten der Butter enthalten seyn.

Die Butter ist nicht das einzige Fett, in dem dieses Gesetz nachgewiesen ist. Görgey [1]) hat schon gezeigt, dafs aus dem Cocosnufsöl, welches wie die Butter ein salbenartiges Fett ist, durch Verseifung nur solche Säuren entstehen, deren Kohlenstoffatomanzahl durch 4 theilbar ist. Er und Fehling fanden darin:

1) Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. 66, S. 313.

1) Capronsäure $C^{12} H^{12} O^4$.
2) Caprylsäure $C^{16} H^{16} O^4$.
3) Caprinsäure $C^{20} H^{20} O^4$.
4) Pichurimtalgsäure $C^{24} H^{24} O^4$.

Aufserdem hat Görgey das Vorkommen der beiden folgenden Säuren in dieser fetten Substanz wahrscheinlich gemacht. Diese sind:

Myristinsäure $C^{28} H^{28} O^4$.
Palmitinsäure $C^{32} H^{32} O^4$.

Diese Umstände machen es wahrscheinlich, dafs in den Verseifungsproducten der Fette überhaupt nur solche Säuren vorkommen, deren Kohlenstoffatomanzahl durch 4 theilbar ist. Aus meinen Untersuchungen der Fette geht nicht nur hervor, dafs die wichtigste der Säuren, der man eine Formel zuschrieb, welche diesem Gesetze nicht unterworfen ist, ich meine die Margarinsäure, ein Gemenge zweier Säuren ist, die nicht von diesem Gesetze abweichen, sondern man darf aus denselben auch schliefsen, dafs die Methoden, welche man bis zu meinen Arbeiten über die Fette zur Scheidung der fetten Säuren anwendete, nicht gestatteten, sich von der Reinheit derselben zu überzeugen. Es wird daher höchst wahrscheinlich, dafs, wo irgend aus den Fetten scheinbar Zwischenglieder der Säurereihe, deren Kohlenstoffgehalt durch 4 theilbar ist, dargestellt worden sind, von diesen Substanzen dasselbe gilt, was ich bei der Margarinsäure nachgewiesen habe, dafs sie nämlich aus einem Gemisch zweier jenem Gesetz entsprechender Säuren bestehen.

Deshalb wage ich auch die Vermuthung schon jetzt auszusprechen, dafs die aus dem Wallrath von mir dargestellten Säuren, welche ich Cetinsäure und Cocinsäure genannt habe und von denen die erstere aus $C^{30} H^{30} O^4$, die letztere aus $C^{26} H^{26} O^4$ zu bestehen schien, noch Gemenge gewesen sind. Die geringen Quantitäten dieser Säuren, welche ich aus dem Wallrath erhielt, hinderten mich alle die Versuche damit anzustellen, welche ihre vollkommene Reinheit hätten erweisen können. Auch hatte ich, als ich

die Untersuchung des Wallraths ausführte, noch nicht den Werth dieser Prüfung kennen gelernt; ich hatte die Gemengtheit der Margarinsäure noch nicht entdeckt.

Diese Umstände haben mich veranlafst, aus einer grofsen Menge Wallrath (10 Pfund) die fette Säure darzustellen und soll diese dazu dienen, die Natur der in Alkohol löslichen Bestandtheile derselben genauer auszumitteln, eine Arbeit, welcher ich mich demnächst unterziehen will.

In seinem Lehrbuch der physiologischen Chemie (2te Auflage 1853 S. 71) hat Lehmann einige Zweifel ausgesprochen gegen meine Angabe, dafs die Margarinsäure ein Gemenge von Stearinsäure und Palmitinsäure sey, welche zum Theil in dem eben Angeführten ihre Erledigung finden. Lehmann meint nämlich, dafs, obgleich er die von mir für meine Ansicht beigebrachten Gründe als gewichtig anerkennt, es doch auffallend sey, dafs in der Reihe der thierischen Fette, welche von der Cocinsäure bis zur Stearinsäure vollständig sey, gerade das Fett ausfallen sollte, welches der Margarinsäure entspräche. Dieser Einwurf *fällt fort*, wenn nicht nur das der Margarinsäure, sondern auch das der Cocinsäure und Cetinsäure entsprechende Fett ausfallen, wie das durch meine letzten Untersuchungen wahrscheinlich wird.

Lehmann's zweiter Einwand aber stützt sich auf die Untersuchungen von Patrick Duffy [1]) über das Stearin, welcher gefunden hat, dafs demselben Stearin unter gewissen Umständen verschiedene Schmelzpunkte gegeben werden können. Er meint offenbar, dafs, wenn es mir gelang, aus der vermeintlichen Margarinsäure zwei Säuren von verschiedenem Schmelzpunkt und von einem anderen Schmelzpunkt als die Margarinsäure darzustellen, diese drei Säuren dennoch identisch seyn könnten. Er übersieht jedoch gänzlich, dafs ich nicht nur durch den Schmelzpunkt, sondern auch durch alle übrigen Eigenschaften und namentlich auch durch die Analyse ihre Verschiedenheit aufser Zweifel gesetzt habe.

1) *Quarterly journ. of the chemic. soc. T.* 5, *p.* 197* u. 303.*



Ebenso zweifelt Lehmann [1]) an der Richtigkeit meiner Angabe, dafs auch die Aethalsäure ein Gemenge mehrerer Säuren, darunter namentlich Stearinsäure und Palmitinsäure, sey, obgleich meine elementar-analytischen Untersuchungen der aus der vermeintlichen Aethalsäure gewonnenen Säuren ihre Verschiedenheit aufs Evidenteste nachweist. Die Behauptung, dafs eine Menge von den gewissenhaftesten Forschern ermittelte Thatsachen, namentlich die von Fridau aufgefundenen, für die Existenz einer Aethalsäure sprechen, ist so unbestimmt und so wenig motivirt, dafs man nicht weifs worauf sich Lehmann eigentlich stützt.

Wenn ich zwar zugeben mufs, dafs die Versuche der früheren Forscher vor meinen Arbeiten zur Annahme der Existenz einer Aethalsäure führen mufsten, so darf ich doch behaupten, nicht nur dafs die Resultate meiner Versuche sich in schneidenden Widerspruch mit denen der früheren Untersuchungen stellen, sondern auch dafs sie Aufklärung darüber geben, wie es kommen konnte, dafs die ausgezeichneten Männer, welche sich früher mit der Untersuchung der Fette beschäftigt haben, zu unrichtigen Resultaten gelangten. Es liegt diefs allein darin, dafs diesen die Mittel unbekannt waren, mit deren Hülfe ich Scheidungen von Stoffen möglich machte, die man bis dahin nicht zu scheiden vermochte.

Auch der Ansicht, dafs die Arbeiten von Fridau den meinen widersprächen, mufs ich entschieden entgegen treten. Dieser hat nämlich nur das Aethal und Verbindungen, die er daraus dargestellt, nicht aber die vermeintliche Aethalsäure selbst untersucht. Da nun das Aethal nach meinen Untersuchungen ein Gemenge von viel Aethal ($C^{32} H^{34} O^{2}$) mit wenig Stethal ($C^{36} H^{38} O^{2}$) ist, welche beide Körper als Alkoholarten betrachtet werden müssen, so mufs die Zersetzungsweise beider unter analogen Umständen analog seyn. Fridau hat daher bei seinen Versuchen stets Gemenge analoger Producte von Aethal und Stethal untersucht. Da aber die Menge des letzteren im Verhältnifs zu

1) Lehrbuch der physiolog. Chem. (1853) Bd. 1, S. 69*.

der des Aethals nur gering ist, beide Körper aber in ihrer procentischen Zusammensetzung nicht sehr verschieden sind (ersteres enthält 79,34 Proc., letzteres 80,00 Proc. Kohlenstoff), so mufste Fridau bei der Elementaranalyse Zahlen erhalten, welche der Annahme des Radicals $C^{32}H^{33}$ in diesen Verbindungen nicht entgegen standen. Doch ist es auffallend, und das spricht gerade für die Richtigkeit meiner Untersuchungen, dafs derselbe oft mehr Kohlenstoff in jenen Körpern fand, als die Formel verlangt, obgleich man sonst stets eine zu geringe Menge Kohlenstoff zu erhalten pflegt. So fand er beim Cetyljodür 54,58 Proc. statt 54,57 Proc.; beim Cetylsulfhydrat 74,55 Proc. statt 74,12 Proc.; beim Cetylophenylamin 83,47 Proc. statt 83,28 Proc.; beim Bicetylophenylaminplatinchlorid 61,78 Proc. statt 61,03 Proc. Kohlenstoff.

Zu dieser Besprechung des von Lehmann über die Resultate meiner Arbeiten ausgesprochenen Urtheils hat mich namentlich die Betrachtung veranlafst, dafs durch nichts der Fortschritt der Wissenschaft und die Verbreitung neuer Entdeckungen mehr gehemmt wird, als durch in weit verbreiteten Lehrbüchern ausgesprochene absprechende Urtheile ohne gründliche Würdigung *aller* bekannten Thatsachen. Sollte aber auch wirklich dadurch der allgemeinen Annahme meiner Entdeckungen ein Hemmschuh angelegt seyn, so bleibt mir doch die Ueberzeugung, dafs die Wahrheit endlich durchdringen mufs und wird.

VIII. *Untersuchungen über das Wismuth;* *von R. Schneider.*

Zweite Abhandlung [1]).

Ueber den Kupferwismuthglanz, eine neue Mineralspecies.

Die Varietäten des Wismuthglanzes, deren Zusammensetzung durch zuverlässige Analysen festgestellt worden ist, sind folgende:

1. *W. von Riddarhytta in Schweden* (Westmauland), nach der Analyse von H. Rose [2]) bestehend aus:

80,98	Proc.	Wismuth und
18,72	»	Schwefel;
99,70.		

2. *W. von Retzbanya im Bannat*, nach der Analyse von Wehrle [3]) bestehend aus:

80,96	Proc.	Wismuth und
18,28	»	Schwefel
99,24		

also fast genau übereinstimmend mit dem von Riddarhytta:

3. *W. von Redruth in Cornwall*, von Warrington [4]) zusammengesetzt gefunden aus:

72,49	Proc.	Wismuth
20,00	»	Schwefel
3,70	»	Eisen
3,81	»	Kupfer
100,00.		

4. *W. von Gjellebäck in Norwegen* nach Scheerers [5]) Analyse zusammengesetzt aus:

1) Die erste findet sich in d. Ann. Bd. 88, S. 45.
2) Gilbert's Annalen, LXXII, 190.
3) Baumgartners Zeitschrift, X, 385.
4) *Philos. Magaz. IX*, 29.
5) Poggend. Annalen, 65, 299.

79,77	Proc.	Wismuth
19,12	»	Schwefel
0,14	»	Kupfer
0,15	»	Eisen
99,18.		

Das Verhältnifs des Kupfer- und Eisengehaltes der beiden letztgenannten Varietäten scheint, worauf schon Rammelsberg[1]) aufmerksam gemacht hat, anzudeuten, dafs dieselben etwas Kupferkies beigemengt enthalten.

Das an verschiedenen Orten (Schneeberg, Schwarzenberg, Johanngeorgenstadt) des sächsischen Erzgebirges unter dem Namen »Wismuthglanz« vorkommende Mineral ist bisher noch niemals Gegenstand genauer analytischer Untersuchungen gewesen; nur nach seinem äufseren Ansehen und nach der Art seines Vorkommens scheint man es ohne Weiteres für identisch mit Wismuthglanz genommen zu haben. — Es ist der Zweck der vorliegenden kleinen Arbeit, darzuthun, dafs das fragliche Mineral nicht wirklich Wismuthglanz ist, — dafs dasselbe vielmehr eine besondere, bisjetzt unbekannte Mineralspecies darstellt, die mit dem Namen »Kupferwismuthglanz« bezeichnet werden mufs.

Das Mineral, das mir zur Untersuchung gedient hat, war dem hiesigen königlichen Mineralien-Cabinet entnommen und verdanke ich dasselbe der Güte des Hrn. G. Rose. Dasselbe war bezeichnet: »Wismuthglanz vom Tannenbaum in Johanngeorgenstädter, resp. im Schwarzenberger Reviere.«

Dieser vermeintliche Wismuthglanz stellt dünne säulenförmige längsgestreifte Krystalle dar von hellgrauer, in zinnweifs geneigter Farbe und lebhaften Metallglanz, die in ein meist loses (bisweilen auch dichteres) Aggregat von krystallinisch körnigem Quarz maschenartig eingelagert sind.

Eine vollständige Trennung von Erz und Gangart auf mechanischem Wege hat sich wegen der innigen Verwachsung beider nicht ermöglichen lassen und hat auch aus

1) Handwörterbuch, II. Abth. S. 273.

diesem Grunde das specifische Gewicht des fraglichen Minerals leider nicht mit Genauigkeit bestimmt werden können.

In seinem äufseren Ansehen vom Wismuthglanze (der oben erwähnten Fundorte) wenig verschieden, zeigt dasselbe in seinem chemischen Verhalten nicht unbedeutende Abweichungen von jenem. In der offenen Glasröhre erhitzt, giebt es leicht etwas Schwefel aus, später entweicht schweflige Säure. Vor dem Löthrohre auf Kohle für sich behandelt, schmilzt es unter Aufschäumen und Spritzen ziemlich leicht; mit Soda giebt es nach länger fortgesetztem Blasen, wobei die Kohle dunkelgelb beschlägt, ein im Verhältnifs zur angewandten Erzmenge nicht unbedeutendes Kupferkorn.

Durch kochende Salpetersäure wird es unter Ausscheidung von Schwefel zersetzt; die dabei erhaltene Lösung ist intensiv blaugrün gefärbt. Aetzammoniak bewirkt darin einen voluminösen weifsen Niederschlag von Wismuthoxydhydrat, während die Flüssigkeit sich schön dunkelblau färbt. Von heifser concentrirter Chlorwasserstoffsäure wird es unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zersetzt mit Hinterlassung eines geringen schwarzen Rückstandes; dieser letztere besteht aus etwas Schwefelkupfer, welches von Salzsäure bekanntlich nur schwierig und langsamer als Dreifach-Schwefelwismuth angegriffen wird. Wird die Zersetzung durch Chlorwasserstoffsäure bei völligem Luftabschlufs (etwa unter Kohlensäure) bewirkt, so erhält man neben einem geringen schwärzlichen Rückstande eine ganz farblose Lösung, welche auf Zusatz von überschüssigem Ammoniak (unter Ausfällung des Wismuthoxydes) sich anfangs nur ganz schwach bläulich färbt, beim mehrmaligen Uebergiefsen aus einem Gefäfse in ein anderes aber schnell eine intensiv dunkelblaue Farbe annimmt. Aufserdem wird durch Kali ein voluminöser gelber Niederschlag (von Kupferoxydul und Wismuthoxyd) darin hervorgebracht. Es folgt hieraus, dafs das Kupfer als Halb-Schwefelkupfer in dem Minerale enthalten ist. — Aufser dem Kupfer, das sich nach allen vorerwähnten Reactionen als ein wesentli-

cher Bestandtheil des Minerals ankündigte, konnte bei der qualitativen Analyse ein sehr geringer Gehalt an Eisen nachgewiesen werden; derselbe scheint indefs nicht sowohl dem Erze selbst, als vielmehr dem Quarz (der Gangart) anzugehören, an dem hier und da eine geringe Braunfärbung (durch Eisenoxyd) wahrgenommen werden konnte. Möglich indefs auch, dafs das Erz geringe Mengen von Kupferkies beigemengt enthält und dafs sich hieraus der kleine Eisengehalt desselben erklärt. Nach einem Gehalte des Erzes an Silber, bekanntlich einem nicht seltenen Begleiter des Wismuths, habe ich vergebens gesucht.

Zur quantitativen Analyse wurden die erzreichsten Stückchen des gröblich zerkleinerten Minerals ausgewählt; eine völlige Absonderung des anhängenden Quarzes wurde bei der grofsen Reinheit des letzteren nicht für nöthig befunden. Ueber den Gang der Analyse habe ich wenig zu sagen: dieselbe ist nach bekannten Methoden ausgeführt worden. Die Zersetzung der Substanz geschah durch rothe rauchende Salpetersäure. Der Quarz blieb dabei ganz farblos zurück; aus der Differenz der Gewichte der angewandten Substanz und des rückständigen Quarzes ergab sich das Gewicht der zur Analyse gekommenen Erzmenge. — Der Schwefel wurde theils als schwefelsaurer Baryt zur Wägung gebracht, theils in Substanz abgeschieden und als solcher gewogen. Es wurde im letzteren Falle nicht versäumt, denselben nach der Wägung im tarirten Tiegel bei Luftzutritt zu verbrennen, um ihn auf einen etwaigen fixen Rückstand zu prüfen. Es kommt nämlich bei Mineralanalysen, bei denen während der Zersetzung Bergart im pulverförmigen Zustande und zugleich Schwefel in Substanz abgeschieden wird, leicht vor, dafs dieser letztere, indem er zu Kugeln zusammenschmilzt, kleine Mengen der in der kochenden Flüssigkeit aufgeregten Bergart (bisweilen auch etwas unzersetztes Erz) einschliefst, wodurch das Gewicht desselben, wenn man ihn für reinen Schwefel nimmt, zu hoch gefunden werden mufs. Da sich dann natürlich auch das Gewicht der rückständigen Gangart zu niedrig ergiebt, der

begangene Fehler sich also gleichsam multiplicirt, so können bei Vernachlässigung jener Vorsichtsmaafsregel Resultate erhalten werden, die sich nicht unbedeutend von der Wahrheit entfernen.

Betreffs der Trennung des Wismuthoxydes vom Kupferoxyde durch kohlensaures Ammoniak ist zu bemerken, dafs dieselbe nur unter Beobachtung besonderer Vorsichtsmaafsregeln vollständig bewirkt werden kann. Versetzt man nämlich eine saure Lösung von Wismuthoxyd und Kupferoxyd mit überschüssigem kohlensauren Ammoniak, so geht zwar, unter vollständiger Fällung des Wismuthoxydes, der allergröfste Theil des Kupferoxydes in die ammoniakalische Lösung über; das Wismuthoxydhydrat behält indefs nach dem Filtriren, selbst wenn es anhaltend mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak gewaschen worden ist, einen deutlichen Stich ins Blaue, herrührend von einer kleinen Menge zurückgehaltenen Kupferoxydes, welches auch durch ferneres Waschen mit kohlensaurem Ammoniak nicht völlig ausgezogen werden kann. Man thut deshalb gut, den Niederschlag von Wismuthoxydhydrat, nachdem man die darüberstehende Kupferlösung vorsichtig abfiltrirt hat und ehe man ihn selbst aufs Filtrum bringt, noch einmal in Salpetersäure aufzulösen, die Lösung mit Wasser zu verdünnen und durch Zusatz von überschüssigem kohlensauren Ammoniak das Wismuthoxyd wieder zur Abscheidung zu bringen. Wenn sich der Niederschlag (nach längerem Stehen an einem warmen Orte) wieder vollständig zu Boden gesenkt hat, wird die darüberstehende kupferhaltige Flüssigkeit wieder vorsichtig abgegossen und, wenn es nöthig erscheinen sollte, die Behandlung des Niederschlages mit Salpetersäure und kohlensaurem Ammoniak noch einmal wiederholt. Man erhält auf diese Weise das Wismuthoxyd vollkommen (oder bis auf Spuren) frei von Kupfer. Keinenfalls dürfte die so modificirte Methode den übrigen zur Trennung des Wismuthoxydes vom Kupferoxyde vorgeschlagenen (z. B. der durch Cyankalium) an Genauigkeit nachstehen. Vielleicht dafs dieselbe mit gleich günstigem Erfolge auf die

Trennung des Bleioxydes zum Kupferoxyde übertragen werden kann.

Es sind zwei Analysen ausgeführt worden, die ein nahe übereinstimmendes Resultat geliefert haben.

Analyse I.

Nach Abzug der Gangart und einer kleinen Menge (0,007 Grm.) Eisenoxyd, welche, wie schon bemerkt, als wahrscheinlich der Gangart angehörig zu betrachten ist, ergab sich für das angewandte Erz das Gewicht von 1,141 Grm. Daraus wurden erhalten:

0,524 Grm. schwefels. Baryterde = 0,072 Grm. Schwefel; 0,145 Grm. Schwefel in Substanz, also zusammen 0,217 Grm.	= 19,01 Proc. Schwefel;
0,798 Grm. Wismuthoxyd = 0,715 Grm.	= 62,66 Proc. Wismuth;
0,264 Grm. Kupferoxyd = 0,2105 Grm.	= 18,45 Proc. Kupfer.
	100,12.

Analyse II.

Die Menge der angewandten Substanz betrug 2,185 Grm. Daraus wurden abgeschieden:

0,980 Grm. schwefels. Baryterde = 0,135 Grm. Schwefel; 0,2725 Grm. Schwefel in Substanz, also zusammen 0,4075 Grm.	= 18,65 Proc. Schwefel;
1,503 Grm. Wismuthoxyd = 1,3475 Grm.	= 61,67 Proc. Wismuth;
0,520 Grm. Kupferoxyd = 0,415 Grm.	= 18,99 Proc. Kupfer.
	99,31.

Als Mittel aus beiden Analysen ergiebt sich:

62,16	Proc.	Wismuth,
18,72	»	Kupfer,
18,83	»	Schwefel,
99,71.		

Bei einer Vergleichung dieser Zahlen findet man, dafs der Schwefelgehalt der untersuchten Substanz nahezu hinreicht, um mit dem vorhandenen Kupfer Halb-Schwefelkupfer und mit dem vorhandenen Wismuth Dreifach-Schwefelwismuth zu bilden. Denn es gebrauchen

18,72 Proc. Kupfer zur Bildung von Halb-Schwefelkupfer	4,73 Proc. Schwefel;
62,16 Proc. Wismuth zur Bildung von Dreifach-Schwefelwismuth	14,34 Proc. Schwefel;
zusammen	19,07 Proc. Schwefel:
Die Analyse ergab	18,83 Proc. Schwefel.

Zugleich zeigt sich, dafs der an das Kupfer gebundene Schwefel fast genau ein Drittel von dem mit dem Wismuth verbundenen beträgt, denn:

$$4,73 : 14,34 = 1 : 3,03.$$

Das untersuchte Mineral ist demnach eine Verbindung von einem Aequivalent Halb-Schwefelkupfer mit einem Aequivalent Dreifach-Schwefelwismuth und erhält die Formel:

$$Cu_2 S, \; Bi S_3.$$

Diese giebt bei der procentischen Berechnung folgende Zahlen:

				Gefunden.
Bi	= 2600	= 62,04 Proc.	Wismuth	62,16 Proc.
Cu_2	= 791,2	= 18,87 Proc.	Kupfer	18,72 Proc.
S_4	= 800	= 19,09 Proc.	Schwefel	18,83 Proc.
	4191,2.	100,00.		99,71.

oder nach den näheren Bestandtheilen zusammengestellt:

$Cu_2 S$	= 991,2	= 23,64 Proc.	Halb-Schwefelkupfer
$Bi S_3$	= 3200	= 76,36 Proc.	Dreifach-Schwefelwismuth.
	4191,2.	100,00.	

Der sogenannte Wismuthglanz vom Erzgebirge trägt also mit Unrecht diesen Namen, — er stellt eine besondere, bis jetzt unbekannte Mineralspecies dar, die als

Kupferwismuthglanz

bezeichnet werden mufs. Derselbe ist die dem von H. Rose [1]) untersuchten und nach der Formel:

$$Cu_2S,\ SbS_3$$

zusammengesetzt gefundenen Kupferantimonglanz (von Wolfsberg am Harz) entsprechende Wismuthsverbindung. Es verdient untersucht zu werden, ob er mit diesem (von G. Rose krystallographisch bestimmten) isomorph ist, was mit einiger Wahrscheinlichkeit vorhergesehen werden kann.

Es findet demnach zwischen den Kupferwismuthglanze vom Erzgebirge und dem Kupferantimonglanze von Wolfsberg eine ähnliche Beziehung statt, wie zwischen dem Nadelerz von Beresowsk in Sibirien und dem Bournonit; auch diese beiden Mineralien haben eine ganz analoge Zusammensetzung, nur dafs in dem einen der elektronegative Bestandtheil von Dreifach-Schwefelwismuth, in dem anderen von Dreifach-Schwefelantimon ausgemacht wird. Die Zusammensetzung des Nadelerzes wird nach den Analysen von Frick [2]) durch die Formel:

$$2Cu_2S,\ BiS_3 + 4PbS,\ BiS_3$$

ausgedrückt. Der Zusammensetzung des Bournonits hingegen entspricht nach den übereinstimmenden Analysen verschiedener Autoren die Formel:

$$2Cu_2S,\ SbS_3 + 4PbS,\ SbS_3.$$

Berlin, im Juli 1853.

1) Pogg. Annalen Bd. 35, S. 361.
2) Pogg. Annalen Bd. 31, S. 529.

IX. *Ueber die Fessel'sche Rotations-Maschine; von Plücker.*

Poisson hat bereits in einem besonderen Abschnitte seiner Mechanik die Bewegung bestimmt, die ein der Kraft der Schwere unterworfener Rotations-Körper, welcher um seine Axe rotirt, in dem Falle annimmt, dafs diese Axe um einen ihrer Punkte frei beweglich ist. Auch die neueste Arbeit des Hrn. Poinsot, der das grofse Verdienst hat, dafs er die Erscheinungen der Rotationsbewegung so entwickelt, dafs man die einzelnen Schritte der Entwickelung gewissermafsen mit dem Auge verfolgen kann, enthält allgemeine Resultate, die sich leicht auf den eben bezeichneten Fall übertragen lassen. Nichts desto weniger liegen die fraglichen Erscheinungen bisher sehr wenig in unserer Anschauung und darum erscheint es mir ein erwünschtes Zusammentreffen, dafs Hr. Fessel, früherer Lehrer an der Provinzial-Gewerbschule, jetzt durch die Gunst oder Ungunst der Verhältnisse ganz auf seine Kunst als Mechaniker angewiesen, — seinerseits einen Apparat construirt hat, welcher, indem er diese Erscheinung dem Auge vorführt, jeden überrascht und geeignet ist, auch den Eingeweihten auf einen Augenblick stutzig zu machen.

Der Fessel'sche Apparat (Fig. 7, Taf. II.)[1]), in der ursprünglichen Construction, besteht aus einer runden messingenen Scheibe *A*, deren Hauptmasse auf den äufseren aufgeworfenen Rand kommt, durch deren Mitte eine stählerne Axe *B* geht, welche von einem messingenen Ringe *C* getragen wird. Dieser Ring ist durch ein Scharnier *D* mit einem umgebogenen Eisenstift *E* verbunden, der in eine vertical stehende Hülse von Messing *G* pafst und in dieser sich frei drehen kann. Das Ganze steht auf einem hölzernen Fufse *F*.

Die innere Scheibe kann durch einen Faden, den man auf die stählerne Axe wickelt und dann abzieht, in starke

1) Im nächsten Heft.

rotirende Bewegung gesetzt werden. Dann scheint diese Scheibe mit ihrem Ringe nicht mehr der Schwere zu gehorchen und dreht sich, anfangs nur kaum merklich herabsinkend, um den verticalen Stift *E* in einer Richtung, welche der Richtung der Rotation der Scheibe in ihrem Ringe entgegengesetzt ist.

Hr. Fessel machte schon vor längerer Zeit beim Centriren eines Schwungrades eine Beobachtung, die ihn zur Construction seines Apparates führte [1]). Den damals mir schon versprochenen Apparat überbrachte er mir erst vor einigen Wochen. Nachdem ich die oben beschriebene Wirkung gesehen, befestigte er, auf meine Veranlassung, den Ring mit der Scheibe vermittelst des Scharniers an dem einen Ende einer messingenen Stange, so dafs diese die feste Verlängerung der Axe bildete. Diese Stange konnte in eine messingene Hülse eingeklemmt und beliebig darin verschoben werden. Diese Hülse war um eine horizontale Axe beweglich, die ihrerseits an einer verticalen

1) Hr. Fessel schreibt mir unterm 26sten dieses Monats Folgendes:

»Den neuen Apparat habe ich, Ihrem Rathe zufolge, auf eine Spitze gesetzt, rotiren lassen. Der Versuch gelang *ganz herrlich*. Sollten Sie in der Notiz für Poggend. Ann. etwas von der Entstehungsgeschichte des Apparates sagen wollen, so bitte ich, folgende Andeutungen zu benutzen. Vor zwei Jahren liefs ich das 24 Zoll im Durchmesser haltende Rad eines Dampfmaschinen-Modells zwischen beiden Händen rotiren, um zu sehen, ob der Gehülfe das Rad richtig gearbeitet hätte.

Ich fühlte hierbei, dafs die Ebene des Rades während der Rotation fest war, und dafs man eine Hand wegnehmen konnte, ohne dafs das (nun blofs mit einem Zapfen aufliegende) Rad herunterfiel. Die hierbei sich zeigende Rotation in einer Horizontal-Ebene schrieb ich dem Heraufsteigen der hölzernen Axe an der Handfläche zu. Um das Heraufsteigen zu verhüten, liefs ich bei einem genauer construirten Apparate das Ellipsoid in einem Ringe rotiren, und wollte zwei vorstehende Stifte, welche die Verlängerung der Axe bildeten, also selbst nicht rotirten, abwechselnd unterstützen. Es zeigte sich aber bald, dafs die Rotation in einer Horizontal-Ebene keine *zufällige*, sondern eine *wesentliche* war. Verschiedene Unfälle, die der Apparat bei diesen Versuchen erlitt, verursachten, dafs er einstweilen bei Seite gelegt wurde, bis ich in der neuesten Zeit einem momentan nicht beschäftigten Arbeiter die Erneuerung und gleichzeitige Abänderung auftrug, welche vollkommen gelang.«

Axe befestigt war (die Vorrichtung gehörte zu einem physikalischen Apparate). Die messingene Stange mit dem Ringe konnte hiernach jede beliebige Neigung annehmen und um die verticale Axe beliebig sich drehen.

Der so improvisirte Apparat gab die früheren Erscheinungen, zugleich aber traten andere unmittelbar hervor. Drehte sich die Scheibe in einer Vertical-Ebene, so bewegte sich die Axe nach entgegengesetzter Richtung in der Horizontal-Ebene herum. Wenn die erste Rotations-Bewegung allmälig abnahm, nahm die zweite zu. Wenn die zweite Bewegung durch eine äufsere Kraft beschleunigt wurde, so schien der Ring mit der Scheibe leichter zu werden, indem er in die Höhe ging; bei einer Verzögerung der horizontalen Drehung hingegen, schien er schwerer zu werden, indem er sich senkte. Bei derselben Rotations-Geschwindigkeit der Scheibe nimmt die horizontale Rotation ihrer Axe zu oder ab, je nachdem die Kraft der Schwere vermehrt oder vermindert wird.

Nimmt man zum Beispiel die rotirende Scheibe von weichem Eisen, so hebt oder senkt sie sich während der Drehung, wenn man mit einem Magnetpole ihr voran geht oder ihr folgt und dadurch die horizontale Drehung der Axe beschleunigt oder verzögert. Diese Rotation nimmt ab oder zu, je nachdem man den Magnetpol unterhalb oder oberhalb der Scheibe hält.

Ueberzeugt, dafs der ganze in Bewegung gesetzte Apparat durch eine verticale Axe, welche auf einer blofsen Spitze ruht, getragen werden könne, schlug sich Hr. Fessel noch eine andere Modification in der Ausführung vor. Als Augenzeuge kann ich zwar über den Erfolg nicht berichten, aber was nicht zu bezweifeln war, ist wirklich eingetroffen [1]).

Die Beziehung der Fessel'schen Maschine zu der Bohnenberger'schen springt in die Augen. In dieser dreht sich Alles um den Mittelpunkt der Figur, und die Axe mufs

1) Es bezieht sich hierauf der Eingang des oben mitgetheilten Briefauszugs.

durch ein Uebergewicht auf einer Seite beschwert werden. In jener bildet der Rotations-Körper, der *nicht* in seiner Mitte unterstützt ist, selbst das Uebergewicht, zu welchem das Gewicht des ihn haltenden Ringes noch hinzukommt. Hiernach bietet sich sogleich eine Verallgemeinerung der Construction der Bohnenberger'schen Maschine dar, wobei man den Rotations-Körper auf seiner Axe aus der Mitte des innern Ringes herausrücken läfst.

Doch es ist meine Absicht nicht, hier alle diese Modificationen des Apparates zu beschreiben, mit deren Ausführung die kunstfertige Hand des Hrn. Fessel gegenwärtig beschäftigt ist.

X. *Der Tastengyrotrop und seine Anwendung zu physikalischen Zwecken und in der elektromagnetischen Telegraphie; von E. Knorr.*

Es sind jetzt etwas über 18 Monate, dafs ich anfing mit der elektrischen Telegraphie mich etwas specieller zu beschäftigen als es bis dahin geschehen konnte, wobei mein nächster Zweck war das Telegraphiren mittelst des Morse'schen Schreibeapparats zu erleichtern, und eine Einrichtung des elektromagnetischen Telegraphen zu finden, die denselben besonders zweckmäfsig machen möchte zum Gebrauch in Festungen, zur telegraphischen Verbindung der Aufsenwerke mit der Citadelle und zum Gebrauch bei Belagerungsarbeiten. Wider Erwarten erweiterte sich dieser Kreis nach mehreren Richtungen; ich bin aber von den Verhältnissen nicht so begünstigt gewesen, um diesen Gegenstand so weit verfolgen zu können, als ich wünschte, und es hat sich mir nicht die Gelegenheit geboten meine Apparate und mein telegraphisches System anderen als nur Kabinetsversuchen

zu unterwerfen; auch hat manches von mir Projectirte aus Mangel an Mitteln unausgeführt bleiben müssen. Ausgeführt wurden bis zum August 1852 zwei telegraphische Zeichenapparate für Zwischenstationen gröfserer telegraphischer Linien, einer für den Gebrauch in Festungen etc und einer der von mir in drei verschiedenen Einrichtungen projectirten Copulatoren. Letztere Apparate, die Copulatoren, sollen für jedes beliebige elektromagnetische Telegraphensystem denselben Zweck erfüllen wie die Translatoren für das System von Morse. Der Copulator, welchen ich ausführen liefs, war schon versucht, versteht sich im Kabinet, und hatte vollkommen befriedigende Resultate gegeben, als mir durch die Augsburger Allg. Zeitung vom 31sten Juli 1852 No. 213 die erste Kunde von den Translatoren zukam, Weiteres habe ich bis jetzt darüber noch nicht erfahren; nach dem zu urtheilen, was sich in jenem Blatte findet, mufs ich jedoch meine Copulatoren in der Einrichtung als wesentlich verschieden von den Translatoren halten. Eine kurze Notiz in russischer Sprache über die Copulatoren und über einige meiner anderen telegraphischen Apparate enthält die Nordische Biene vom 11ten Septbr. 1852 No. 202. Da hier in Kiew aufser für russische Literatur keine bedeutende Buchhandlung existirt, so entgeht mir selbst in wissenschaftlicher Beziehung wohl Vieles; war mir doch sogar das treffliche Werk von Schellen »der elektromagnetische Telegraph etc.« bis vor wenigen Wochen gänzlich unbekannt geblieben; es könnte daher wohl seyn, dafs sowohl an den gröfseren Telegraphenapparaten als an den secundären Instrumenten manches wäre, was ich für neu halte, obgleich es vielleicht schon längst bekannt seyn mag. Zu diesen secundären Instrumenten gehört der Tastengyrotrop, dessen Beschreibung ich mir hier mitzutheilen erlaube, da dieser kleine Apparat auch zu physikalischen Versuchen dienen kann. Der Zweck ist zunächst in einem Theile der Leitung eine schnelle Umkehrung der Richtung des Stroms zu bewirken, aufserdem findet der Apparat mit einigen kleinen Modificationen noch mehrfache andere Anwendung.

1. Fig. 8 u. 9, Taf. II. stellen den Apparat wie ich ihn bis jetzt angewendet in halber Gröfse dar, Fig. 9 ist die Ansicht des Apparats von oben, *a*, *b*, *c*, *d*, *e* sind messingene Ständer, in welche die Leitungsdrähte eingeschraubt werden können; *fk* ist eine Taste von Holz, welche bei *fv* und bei *xm* Schuhe von Kupfer hat. Die Schrauben *g* und *h* (Fig. 9) bilden die Axen der Taste *fk*; der Messingständer, durch welchen die Schraube *g* geht, ist stets mit *b*, dagegen der, durch welchen *h* geht, ist stets mit *c* in leitender Verbindung, beide Ständer müssen aber von einander isolirt seyn und sind deshalb oben durch ein zwischen gelegtes Stück Holz von einander getrennt. Der Schuh *fv* (Fig. 8) hat auf der hinteren Seite eine metallische Verlängerung bis zur Schraube *g*, so dafs der Schuh *fv* durch die Schraube *g* stets mit *b* in leitender Verbindung ist. Ebenso ist der Schuh *xm* durch die Gegendruckfeder *mo* und durch die rechtwinkliche Messingplatte, gegen die sich die Feder *mo* bei *o* stützt, stets mit *d* in leitender Verbindung. Ferner ist die kupferne Feder *stu* stets mit *a* und die kupferne Feder *pqr* stets mit *c* in leitender Verbindung. Die Schraube *n* dient zunächst um die Gröfse des Ausschlags der Taste zu reguliren, *n* ist mit *e* in leitender Verbindung und wenn die Taste niedergedrückt wird, so kann auch der kupferne Schuh *xm* durch *n* mit *e* in leitende Verbindung kommen; *i* ist ein Wirbel mit Holzschraube, dessen Kopf parallel mit der Taste steht, wird derselbe um 90° gedreht, so wird die Taste niedergedrückt und in dieser neuen Lage erhalten. Die Taste bewegt sich übrigens so leicht, dafs ein schwaches Anschlagen mit einem Finger genügt um sie niederzudrücken. Ruht die Taste in der Lage wie sie Fig. 8 zeigt, so berührt die Feder *stu* den Schuh *fv* bei *s*, sie hat aber keine Verbindung mit *xm*; dagegen berührt die Feder *pqr* den Schuh *xm* bei *r* und hat keine Verbindung mit *fv*. Wird die Taste niedergedrückt, so kommt *stu* aufser Verbindung mit *fv*, tritt aber in Verbindung mit *xm*; dagegen tritt *pqr* aufser Verbindung mit *xm* und kommt in Verbindung mit *fv*. An den Federn und Schuhen sind

an den Stellen, wo sie mit einander in Berührung kommen können, dünne Platinplättchen aufgelöthet. Setzen wir nun, dafs z. B. ein einfaches galvanisches Kupfer-Zink-Element dergestalt mit dem Apparate verbunden wird, dafs vom Zink der kupferne Leitungsdraht nach *c*, vom Kupfer aber der Leitungsdraht nach *a* gehe, und es sey in *b* eine Leitung angebracht, durch welche der Strom nach *d* zurückkehren kann. Ist nun die Taste in der Lage wie sie Fig. 8 zeigt, so ist der Lauf des Stroms folgender: vom Zink durch die Säure zum Kupfer, von dort nach *a*, von *a* durch *t* und *s* in den Schuh *fv*, von dort durch die Schraube *g* nach *b*, dann durch die Leitung zurück nach *d*, von hier durch *o* und *m* in den Schuh *xm*, aus diesen bei *r* in die obere Feder und durch *c* zurück zum Zink. Wird dagegen die Taste niedergedrückt, so geht der Strom von *a* durch *t* nach *u*, von dort durch *x*, *m*, *o* nach *d*, hierauf durch die Leitung nach *b*, dann durch die Schraube *g* in den Schuh *fv*, von hier durch *p* nach *q* und *c*. In letzterer Lage der Taste durchläuft also der Strom die Leitung zwischen *b* und *d* in entgegengesetzter Richtung.

2. Anwendung des Instruments zur Verbindung zweier unter sich getrennter, jedoch geschlossener Ketten zu einer einzigen geschlossenen Kette. Wir setzen der Kürze wegen zwei galvanische Elemente voraus. Es sey das Kupfer des einen Elements mit *a* in Verbindung und die Leitung gehe von *b* zum Zink, das Kupfer des anderen sey mit *c* in Verbindung und die Leitung gehe von *d* zurück zum Zink, so werden in der Lage der Taste, wie sie Fig. 8 zeigt, beide Ketten getrennt von einander geschlossen seyn; wird aber die Taste niedergedrückt, so geht der Strom des ersten Elements von *a* nach *d*, von hier zu dem Zink des zweiten Elements, dann durch die Säure zum Kupfer des zweiten Elements und von hier durch *c* und *b* zum Zink des ersten Elements.

3. Anwendung. Dem Vorigen umgekehrt kann man das Instrument benutzen zur Zerlegung einer telegraphischen Hauptlinie mit 2 Batterien in 2 getrennte kurze Zirkel.

Es läfst sich jedoch diefs einfacher dadurch erreichen, dafs man die Hauptleitung durch *a* führt und die Erdplatte der Station mit *d* verbindet. Die Ständer *b*, *c* und *e*, die obere Feder und der vordere Metallschuh *fv* fallen dann weg. Man hat dann auf der Zwischenstation entweder 2 Telegraphenapparate und die Auslösungstaste in der Mitte, oder 2 Tasten und den Telegraphenapparat zwischen ihnen.

4. Anwendung zur Einschaltung einer Verstärkungsbatterie. Setzen wir wieder 2 galvanische Elemente voraus, das Kupfer des ersten sey mit *a* verbunden, und die Leitung gehe von *b* zurück zum Zink. Das Kupfer des zweiten Elements sey dagegen mit *c*, das Zink aber mit *e* verbunden. Ruht die Taste in der Lage Fig. 8, so ist der Strom des ersten Elements geschlossen; zwischen *c* und *e* mangelt aber die leitende Verbindung. Wird die Taste niedergedrückt, so geht der Strom des ersten Elements von *a* nach *e*, dann zum Zink des zweiten Elements, von hier durch die Säure zum Kupfer, dann nach *c*, von hier nach *b* und endlich von dort zum Zink des ersten Elements.

5. Anwendung zum schnellen Oeffnen der einen und Schliefsen der anderen Kette. Das erste Element hat dieselbe Verbindung wie in No. 4, das Zink des zweiten Elements ist aber mit *d*, das Kupfer mit *e* verbunden. Man sieht hiernach leicht, wie man das Instrument zur Beobachtung der Polarisations-Erscheinungen benutzen kann, wenn man nur 2 Platten hat, die im Hauptstrom polarisirt werden. (Eine kleine Abänderung von Poggendorff's Wippe, ohne Quecksilberschlufs, wie sie von mir gebraucht wurde, werde ich später beschreiben).

Drei verschiedene Abänderungen des Instruments haben lediglich einen verschiedenen Gebrauch desselben bei dem Telegraphiren zum Zweck, deshalb begnüge ich mich hier nur anzugeben wozu sie dienen können. Die Abänderung No. 1 dient zum gleichzeitigen Telegraphiren ein und derselben Depesche in zwei verschiedenen von einander getrennt bleibenden Ketten durch Unterbrechung des Stroms.

Die zweite Abänderung hat denselben Zweck, wenn durch Herstellung des vorher unterbrochenen Stroms die Zeichen gegeben werden sollen. Die dritte Abänderung dient zur Verbindung zweier getrennter Ketten zu einer einzigen mit Einschaltung einer Verstärkungsbatterie auf der Verbindungsstation.

Endlich bleibt noch die Verbindung zweier Tasten übrig zum Gebrauch beim Telegraphiren, wie diefs z. B. bei dem einfachen Nadelapparat der Fall ist. Bezeichnen hier *a'*, *b'*, *c'*, *d'* dasselbe für die zweite Taste, was *a*, *b*, *c*, *d* für die erste Taste (Fig. 8 u. 9), so geht wenn der Stationsapparat in Ruhe ist, d. h. wenn das Telegraphiren von der anderen Station her erwartet wird, die Hauptleitung durch *a* nach *b*, von hier durch einen Verbindungsdraht nach *a'* und folglich nach *b'*, und von hieraus weiter. *c* und *d*, *c'* und *d'* sind, wenn die Tasten ruhen, wie in Fig. 8, aufser leitender Verbindung, weil *der Theil qr der beiden oberen Federn fehlt*. *c* ist mit *d'* und *d* mit *c'* leitend verbunden, die Zuleitungsdrähte der Stationsbatterie führen nach *c* und *d*. Soll telegraphirt werden, so wird um ein Zeichen zu geben entweder die eine oder die andere Taste niedergedrückt, je nachdem der Strom in der einen oder der anderen Richtung die Kette durchlaufen soll.

Es versteht sich, dafs bei der Ausführung des Instruments der Punkt *t*, wo die Feder *stu* mit der Leitung von *a* verbunden ist, weiter nach *c* zu liegt als diefs die Zeichnung angiebt, um dem Theil *st* der Feder mehr Elasticität zu geben. In der Zeichnung ist dieser Theil der gröfseren Deutlichkeit wegen etwas verschoben worden, ebenso wie die Schrauben nicht angegeben sind, vermittelst welcher die Leitungsdrähte in den Ständern *b*, *c*, *d*, *e* festgeschraubt werden.

Kiew im März 1853.

XI. *Ueber die Berechnung der Axenwinkel der zweiaxigen Krystalle; von E. Wilde gegen Hrn. Zamminer.*

In einer in diese Annalen (Bd. 80, S. 225) aufgenommenen Abhandlung habe ich nachgewiesen, daſs die von Rudberg berechneten Axenwinkel der zweiaxigen Krystalle einer Berichtigung bedürfen. Rudberg hat nämlich seinen Rechnungen die für die Lichtgeschwindigkeit von Fresnel gefundenen Formeln zum Grunde gelegt, diese Formeln aber nicht im Sinne der Undulationstheorie, wie Fresnel es wollte, sondern in dem der Emanationstheorie genommen, und dieſs in der Voraussetzung gethan, daſs beide Theorieen zu denselben Resultaten führen müſsten. Daſs dem nicht so ist, die Ergebnisse, die aus beiden hervorgehen, vielmehr verschieden sind, hierauf habe ich in jener Abhandlung zunächst aufmerksam gemacht. Im Sinne der Undulationstheorie habe ich dann die Richtungen, in denen die Frontebenen der zu beiderlei Strahlen gehörigen Aetherwellen mit gleicher Geschwindigkeit durch die zweiaxigen Krystalle sich fortpflanzen, als die *wahren Krystall-Axen* angesehen, und auf diesem Wege den berechneten Axenwinkel des Arragonits in beinahe vollkommener Uebereinstimmung mit den Messungen erhalten, während sich aus den Rechnungen Rudberg's die bedeutende Differenz von 2° ergiebt. In eben jener Abhandlung habe ich auch noch den Axenwinkel des Topases berechnet, und denselben zwar in besserem Einklange mit den Beobachtungen, als Rudberg es vermochte, nichtsdestoweniger aber mit einer Differenz von 7° gefunden, wie ich dieſs auch nicht anders erwartet hatte, weil die Varietäten dieses Krystalles ganz verschiedene Axenwinkel haben, seiner Bildung also nicht ein allgemeines Gesetz, wie es von der Theorie vorausgesetzt werden muſs, zum Grunde liegt. Die Vergleichung der gemessenen Axenwinkel mit den theoretischen Resul-

taten, fügte ich in jener Abhandlung hinzu, sey insofern von folgenreicher Bedeutung, als nur auf diesem Wege über die Wahrheit der von Fresnel behaupteten Theorie der doppelten Brechung mit Zuverlässigkeit entschieden werden könne.

Diese meine Abhandlung hat bei Hrn. Zamminer (Ann. der Chemie und Pharmacie von Woehler und Liebig, Bd. 76, S. 121) eine nichts weniger als beifällige Aufnahme gefunden, wie ich jetzt erst aus der letzten trefflichen Arbeit des Hrn. Heufser (diese Ann. Bd. 89, S. 532) in Zürich ersehe. »Er könne, sagt Hr. Zamminer, in meinen Rechnungen weder eine Berichtigung der Rudberg'schen erkennen, noch sie überhaupt in Harmonie mit der doppelten Strahlenbrechung bringen. Er wolle nicht darauf eingehen, wie die aus der Fresnel'schen Theorie hervorgehenden Formeln in die Sprache der Emanations-Hypothese zu übersetzen seyen; diefs aber sey offenbar, dafs Rudberg ganz mit Recht die Fresnel'schen Formeln im Sinne der Emanations-Hypothese genommen habe, *da es doch wohl unter allen Umständen Strahlen sind, was man sieht, und nicht Wellebenen.* Ich (Wilde) hätte schon daraus, dafs ich bei dem Axenwinkel des Topases die Theorie und die Messungen nicht übereinstimmend fand, entnehmen müssen, dafs der von mir eingeschlagene Weg nicht der richtige sey. Am wenigsten aber dürfte Rudberg der Vorwurf einer unrichtigen Anwendung der Theorie treffen u. s. w. u. s. w.«

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dafs die Einwürfe, die Hr. Zamminer hier macht, nur aus einer unklaren Auffassung der vorliegenden Sache entstanden sind. Denn da er besonders diefs geltend macht, »dafs es doch wohl unter allen Umständen Strahlen sind, was man sieht, und nicht Wellebenen,« so scheint es ihm unbekannt zu seyn, dafs man in der neueren Optik unter der Verbreitung des Lichtes durch Strahlen eben nichts anderes, als seine Verbreitung durch die Frontebenen der Aetherwellen verstehe. Dafs es übrigens weder Strahlen noch Wellebenen sind,

was man sieht, dafs wir vielmehr durch die von den Wellebenen im Auge erregte Empfindung nur Gegenstände sehen können, darüber will ich mit Hrn. Zamminer nicht weiter rechten, sondern ihn nur noch daran erinnern, dafs es doch wohl seine Pflicht gewesen wäre, es nicht unerwähnt zu lassen, wie mir nach meiner Ansicht von der Sache beim Arragonit gelungen ist, was den Bemühungen Rudberg's nicht gelingen wollte.

Seit der Veröffentlichung jener meiner Arbeit hat unterdefs Hr. Heufser (aufser der vorhin erwähnten Abhandlung auch noch in diesen Ann. Bd. 87, S. 454), *ganz in Uebereinstimmung mit meiner Ansicht*, die *wahren Axenwinkel* des Schwerspaths in verschiedenem homogenen Lichte sowohl aus den von ihm selbst mit aller Sorgfalt ermittelten Brechungscoëfficienten, als auch aus den gemessenen *scheinbaren Axenwinkeln* bestimmt, und auch bei diesem Krystalle die Natur und die Theorie in demselben Einklange gefunden, den ich bereits beim Arragonit nachgewiesen hatte. Es wird nun also wohl Hrn. Zamminer nichts anderes übrig bleiben, als entweder auch die Natur des Irrthums anzuklagen, oder zuzugeben, dafs meine Behauptungen wahr sind.

Hr. Heufser hat zwar schon die Güte gehabt, meine Abhandlung gegen das Urtheil des Hrn. Zamminer zu vertheidigen (diese Ann. Bd. 89, S. 538); da dasselbe aber bereits eine weitere Verbreitung gefunden hat, wie ich aus eben dieser Abhandlung des Hrn. Heufser entnehme, so habe ich es um so mehr für meine Pflicht erachten müssen, auch meinerseits diese Sache zur Sprache zu bringen, so grofs auch die Abneigung ist, die ich gegen solche öffentlich geführten Discussionen habe.

XII. *Zwei neue stereoskopische Methoden; von W. Rollmann.*

Zu der grofsen Zahl der schon bekannten, durch Wheatstone, Dove, Brewster und Wilde entdeckten, stereoskopischen Methoden habe ich folgende neue gefunden.

1. Spiegelstereoskop, bestehend aus zwei Spiegeln und zwei Zeichnungen.

Man lege zwei ganz gleiche stereoskopische Zeichnungen in gleicher Lage horizontal vor sich hin, so dafs ihre Mittelpunkte etwa den Abstand der Augenmittelpunkte von einander haben, und stelle dann zwischen beide einen senkrechten Spiegel, dessen spiegelnde Fläche z. B. nach links gekehrt sey. Dann sehe man mit dem rechten Auge die Figur rechts und mit dem linken das Spiegelbild der Figur links an. Die direct gesehene Zeichnung und die durch den Spiegel umgekehrte erzeugen dann den Körper. — So weit gleicht diese Methode der von Dove in diesen Annalen Bd. 83, S. 187 beschriebenen. Nur sieht man bei meiner Stellung des Spiegels und der dazu gehörigen Zeichnung diese selbst noch links neben dem Relief liegen.

Stellt man nun neben den ersten noch einen zweiten Spiegel, dessen spiegelnde Fläche nach rechts gewendet ist, so dafs die Rückwände beider zusammenfallen, dann findet das so eben für die rechte Seite Beschriebene für beide Seiten des Doppelspiegels statt. Man sieht auf jeder Seite ein Relief, und zwar das eine concav das andere convex.

Bei Vergleichung beider Reliefe tritt die bekannte Erscheinung, dafs sie verschiedene Tiefe zeigen, recht deutlich hervor. Zwei nebeneinander liegende abgestumpfte Kegel haben z. B. die kleinen Schnittflächen von so auffallend verschiedener Gröfse, dafs die Differenz Keinem entgehen kann.

Man kann zu diesem Stereoskop alle Zeichnungen von Hessemer verwenden, wenn man die eine auf der Rück-

seite durchzeichnet, d. h. ihr Spiegelbild benutzt. Die symmetrischen Zeichnungen werden dadurch natürlich zu gleichen.

2. **Farbenstereoskop, bestehend aus einer farbigen Doppelzeichnung und zwei gefärbten Gläsern.**

Man zeichnet zwei zusammengehörige Körperansichten um *denselben* Mittelpunkt, die eine für das rechte, die andere für das linke Auge. Wenn es nun ein Mittel giebt, *jede* Ansicht nur dem Auge sichtbar zu machen, für welches sie bestimmt ist, die andere demselben aber gleichzeitig auszulöschen, so muſs man offenbar beim Ansehen der Doppelzeichnung und Anwendung dieses Mittels das entsprechende Relief sehen. Es läſst sich dieſs Unsichtbarmachen je einer Ansicht für das entgegengesetzte Auge beinahe vollkommen dadurch erreichen, daſs man die Zeichnungen in Farben ausführt und sie durch passend gefärbte Gläser besieht. Mir gelang dieſs ganz gut bei einer blau und gelben Zeichnung. Durch ein rothes Glas gesehen, zeigten sich fast nur die blauen Linien, durch ein blaues dagegen nur *die gelben*; und zwar beide sehr dunkel. Eine blau und rothe Zeichnung war zwar für das rothe Glas eben so gut, weit weniger geeignet aber für das blaue, da die rothen Linien sich durch dasselbe viel matter zeigten als die gelben. Andererseits waren die gelben Linien durch das rothe Glas eben so wenig sichtbar als rothe. Aus diesen Gründen muſsten die genannten Farben gewählt werden.

Die, beiden Zeichnungen etwa gemeinschaftlichen, Linien können schwarz seyn.

Durch Umdrehen der Zeichnung um 180°, oder durch Vertauschen der Gläser erhält man das entgegengesetzte Relief [1]).

Stargard im August 1853.

1) Aus **Dingler's** polytechn. Journ. Bd. 124 ersehe ich so eben zu meinem Bedauern, daſs das neulich (Ann. Bd. 89, S. 286) von mir beschriebene Spiegelstereoskop bereits 1851 von **Brewster** construirt worden ist. *R.*

XIII. *Notiz über die Polarisation des Lichts bei Brechung desselben durch Metall; von W. Rollmann.*

Das einzige Metall, welches dünn genug dargestellt wird um diaphan zu seyn, ist Gold. Biot fand, daſs zwei Goldblättchen hinreichend seyen das directe Sonnenlicht vollständig zu polarisiren. Ich habe Goldblättchen sowohl als polarisirende, wie auch als analysirende Vorrichtung und endlich als beides angewandt und stets verschiedene Wirkungen gesehen. Ist das Licht nicht sehr intensiv, so darf man nur ein einziges Blättchen anwenden, weil das Gesichtsfeld sonst zu dunkel erscheint. Als Zerleger gebraucht, zeigt ein Goldblättchen sehr deutlich die Farben der dünnen Gypsplatten, der gekühlten Gläser u. s. w.; aber natürlich sind dieselben modificirt durch die eigene blaugrüne Farbe des Goldes.

Läſst man geradlinig polarisirtes Licht durch ein geneigtes Goldblättchen gehen und betrachtet in demselben durch den Turmalin einen senkrecht zur Axe geschnittenen Kalkspath, so zeigen sich, wenn das Goldblättchen so wie der Zerleger um 45° gegen die Polarisationsebenen gedreht sind, die Erscheinungen der elliptischen Polarisation. Die Farbenringe sind im ersten und dritten Quadranten enger als im zweiten und vierten, das Kreuz ist in zwei Hyperbeln verwandelt, deren Scheitel sich nicht treffen.

Brewster's Entdeckung der elliptischen Polarisation durch Reflexion an Metallen ist also hierdurch ergänzt.

Wenn man in obigem Versuche alles Andere ungeändert läſst, und nur statt des durchgelassenen das vom Goldblatt reflectirte Licht durch den Zerleger und Kalkspath betrachtet, so zeigt sich die complementare Figur, die man im durchgelassenen Lichte erhält, wenn der Turmalin um 90° gedreht wird.

Der Versuch ist nicht ganz leicht anzustellen, da durch

das Goldblättchen sich die Ringfigur nur schwer in ihrer wahren Gestalt erkennen läfst. Will man durch den Turmalin gut sehen, so mufs er natürlich grün seyn.«

Das sind die sicher erlangten Resultate, über einiges Andere bin ich wegen Mangels an experimentellen Hülfsmitteln im Unklaren geblieben.

XIV. *Notiz über das Tönen der Nebenbatterie; von Knochenhauer.*

Schon im vergangenen Jahre machte mich mein Sohn, der den in den Sitzungsberichten der Wiener Academie Bd. X, p. 219 mitgetheilten Versuchen bisweilen beiwohnte und bei der Nebenbatterie stand, darauf aufmerksam, dafs an ihr ein Ton vernehmbar wäre, auch wenn kein Funke über den mit ihr verbundenen Funkenmesser schlüge. Ich hielt diese Beobachtung für eine Täuschung, indem ich annahm, dafs er den durch den ganzen Saal hörbaren Funken der Hauptbatterie in die Nebenbatterie verlegte; als er indefs auch in diesem Jahre seine Behauptung wiederholte, liefs ich von einem Gehülfen die Maschine drehen und stellte mich zur näheren Untersuchung bei der Nebenbatterie hin. In der That giebt sie bei jeder Entladung der Hauptbatterie, mag sie sich über ihren Funkenmesser entladen oder nicht, einen deutlichen Ton von sich, etwa der Art, als ob das Glas der Flaschen zerspringe; der Ton entsteht an keiner bestimmten Stelle der Flaschen, sondern kommt von der gesammten belegten Fläche her; er wird am besten vernommen, wenn man das Ohr über die Oeffnung der Flaschen hält und dabei die Entladung über die Kugeln des Funkenmessers durch eine gröfsere Entfernung derselben von einander verhindert, weil sonst der Schall des Funkens die Wahrnehmung erschwert. Stellt man die gespannten

Drähte nach und nach weiter aus einander, so wird der Ton in dem Maafse schwächer, als sich die Nebenbatterie weniger ladet; er hört fast ganz auf, wenn man die Kugeln des Funkenmessers metallisch mit einander verbindet und dadurch die Ladung der Nebenbatterie auf ein Minimum zurückbringt. — Diese Thatsache lehrt, dafs durchs Laden einer Batterie das Glas der Flaschen in Spannung versetzt oder in seinem Molecularzustande verändert wird; da bei der Nebenbatterie die Ladung momentan ein- und austritt, so macht sich die Veränderung durch einen Ton bemerkbar.

XV. *Regenmengen in der Präsidentschaft Bengalen; gröfste auf Erden.*

Der neueste, die Versammlung zu Belfast im September 1852 betreffende Band des *Report of the British Association for the advancement of Science*, (welchen ich wie die früheren Bände der Liberalität des Comité dieser Association verdanke *P.*) enthält unter anderen vom Obersten Sykes eine Zusammenstellung der monatlichen Mitteltemperaturen und Regenmengen, welche i. J. 1851 an 127 Stationen der Präsidentschaft Bengalen von den damit beauftragten Medicinal-Beamten beobachtet worden sind. Folgende Data über die Regenmengen mögen daraus zunächst entlehnt seyn:

	Meereshöhe. engl. Fufs.	Breite.	Länge v. Greenw.	Regenmenge i. J. 1851 engl. Zoll.
Calcutta	18	22° 33′	88° 20′	64,16
Benares		25 18	83 3	37,06
Agra		27 10	78 5	27,81
Delhi		28 31	77 13	25,08
Cachar		24 48	92 47	102,84
Debroghur		27 31	95 1	106,95

	Meeres-höhe. engl Fufs.	Breite	Länge v. Greenw.	Regenmenge i. J. 1851. engl. Zoll.
Mymensing		24° 45'	90° 24'	109,90
Gwalparah		26 11	90 40	116,10
Darjeeling	7000	27 3	88 18	125,20
Akyab		20 8	92 56	155,07
Sylhet		24 53	91 51	209,85
Cherraponjie	4500	25 16	91 44	610,35

Der letztere Ort, der sich bereits früher nach den Beobachtungen einiger Monate als sehr regenreich erwies (Ann. Ergänzbd. I. S. 370), bietet nun in dieser Beziehung, wenn auch die einzelnen Jahre nicht ganz gleich an Nässe seyn sollten, offenbar das Maximum dar, welches bisher bekannt ist. Denn seine jährliche Regenmenge (610,35 Zoll engl. =47,71 Fufs par.) ist mehr als das Doppelte von der zu *Mahabuleshwar* am Westabhange der Ghauts (23,61 Fufs par.) und zu *Matouba* auf Guadeloupe (22,85 Fufs par.), Orten, die im Vergleich mit denen unter mittleren Breiten, auch schon wahren Sündfluthen ausgesetzt sind.

Die ungeheure Regenmenge von Cherraponjie vertheilte sich i. J. 1851 nach den Monaten folgendermafsen:

	Engl. Zoll		Engl. Zoll		Engl. Zoll
Januar	0,75	Mai	115,15	September	71,70
Februar	3,05	Juni	147,20	October	40,30
März	1,30	Juli	99,40	November	
April	27,60	August	103,90	December	

Sie drängt sich also hauptsächlich in die Monate Mai bis September incl. zusammen. Ob im November und December kein Regen fiel oder keiner beobachtet wurde, ist nicht gesagt. Letzteres ist jedoch wahrscheinlicher, da auch von beiden Monaten die Temperatur-Angaben fehlen. Die Regenmenge des ganzen Jahres wäre also vielleicht noch etwas gröfser wie sie angegeben ist, wenn gleich die letzteren Monate relativ trocken seyn mögen [1]).

1) Aufser dem officiellen Berichte führt Oberst Sykes auch noch Beobachtungen des Prof. Oldham an, nach welchen die Regenmenge in sieben Monaten ebenfalls 610 Zoll engl. betrug und in den Monaten November und December wirklich nicht ein einziges Schauer fiel.

Cherraponjie liegt am Süd-Abhange der Cossya Hills in Arracan, gegen welche bei den Süd-West-Monsoons die feuchten Luftströme aus den Deltas des Ganges und Brahmaputra sich brechen. In seiner Höhe, der Höhe von 4500 Fuſs engl., scheinen, wie Oberst Sykes bemerkt, die meisten Wasserdämpfe zu schweben, denn auch Mahabuleshwar an den Ghauts liegt in gleicher Erhebung, während höher liegende Orte, wie das nur 134 engl. Meilen nördlichere und $3\frac{1}{4}$° westlichere Darjeeling, so wie das ferne Simla und Dodabetta (in den Neilgherries), wiewohl auch noch regenreich, doch viel trockener sind (Vergl. Ann. Ergänzbd. I. S. 368).

XVI. *Verlauf der Augustmeteore.*

Nach Hrn. Coulvier Gravier (*Compt. rend. T.* 37, *p.* 288) hat das periodisch vom 9. zum 10. Aug. erscheinende Sternschnuppen-Phänomen i. J. 1848 sein Maximum gehabt und seitdem fortwährend abgenommen. Die stündliche Maximum-Zahl der Meteore betrug nämlich nach seinen (seit 1845 zu Paris angestellten) und anderen Beobachtungen:

1837	59	1842	74	1848	113
1838	62	1843	78	1849	98
1839	65	1844	80	1850	83
1840	68	1845	85	1851	71
1841	72	1846	92	1852	60
		1847	102	1853	52

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1853. ANNALEN №. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XC.

I. *Ueber die Anwendung des Cyankaliums in der analytischen Chemie; von Heinr. Rose.*

Nachdem man eine leichte Bereitung des Cyankaliums durch Liebig kennen gelernt hatte, ist dasselbe vielfältig zu analytischen Zwecken vorgeschlagen worden. Liebig selbst benutzte es zur Trennung des Kobalts vom Nickel [1]) und vom Mangan [2]) und Haidlen und Fresenius empfahlen es zu vielen Scheidungen der Metalloxyde von einander [3]).

Unstreitig wird das Cyankalium zu sehr vielen analytischen Untersuchungen angewandt werden können, namentlich um Metalle, welche sich nicht leicht mit Cyan verbinden, und deren Oxyde daher in einer Lösung von Cyankalium nicht löslich sind, von denen zu trennen, welche beim Vermischen ihrer Lösungen mit Cyankalium Cyanmetalle bilden, die mit dem Cyankalium leicht lösliche Doppelcyanüre eingehen. Aber es scheint, als wenn viele der vorgeschlagenen Trennungsmethoden nicht genau durchgeprüft worden sind. Man kann ihnen nur dann Vertrauen schenken, wenn man durch angeführte Beispiele ersieht, wie weit die Genauigkeit derselben reicht.

Ich habe einige Versuche angestellt, um die Eigenschaft des Cyankaliums als Reductionsmittel zu benutzen. Da einige Metalle aus fast allen ihren Verbindungen durch Schmelzen mit Cyankalium in den metallischen Zustand übergeführt werden können, so habe ich untersucht, unter welchen Umständen diefs vollständig gelingt, um aus der

1) Ann. der Chemie u. Pharm. Bd. 41, S. 285 und Bd. 65, S. 244.
2) Ebend. Bd. 41, S. 293.
3) Ebend. Bd. 43, S. 129.

Menge des reducirten Metalls mit Sicherheit auf die Menge des in der Verbindung in der That enthaltenen schliefsen zu können.

Die Metalle, welche aus ihren Verbindungen durch Schmelzen mit Cyankalium reducirt werden können, sind besonders solche, welche keine grofse Verwandtschaft zum Cyan haben. Ihre oxydirten Verbindungen geben Veranlassung zur Bildung von cyansaurem Kali, ihre Schwefelverbindungen erzeugen dann Rhodankalium.

Die Verbindungen von mehreren anderen Metallen, die zum Cyan eine gröfsere Verwandtschaft haben, werden durch Schmelzen mit Cyankalium zwar zum Theil ganz oder theilweise reducirt, wird aber die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt, so löst sich durch das überschüssige Cyankalium von dem reducirten Metall nach und nach auf, indem ein Theil von ersterem sich in Kali verwandelt, während sich lösliche Doppelverbindungen des gebildeten Cyanmetalls mit Cyankalium bilden.

Nur die Verbindungen der Metalle der zuerst genannten Gruppe können daher vielleicht bei analytischen Untersuchungen vermittelst Schmelzens mit Cyankalium so reducirt werden, dafs die Menge des reducirten Metalls quantitativ bestimmt werden könnte. Es sind diefs besonders die Verbindungen des Arseniks, des Antimons, des Wismuths, des Bleis und des Zinns.

Ich habe mehrere Versuche über das Verhalten der Verbindungen dieser Metalle gegen Cyankalium angestellt, und werde davon alle die hier mittheilen, welche für die analytische Chemie von einigem Interesse seyn können.

1. Arsenikverbindungen.

Es ist bekannt, dafs durch Schmelzen mit Cyankalium das Arsenik aus seinen Verbindungen reducirt und verflüchtigt werden kann. Wegen dieser leichten Verflüchtigung des Metalls kann die Quantität desselben nicht gut mit Genauigkeit bestimmt werden. Aber bei qualitativen Untersuchungen bedient man sich schon seit längerer Zeit des Cyankaliums, um die Gegenwart des Arseniks besonders

in solchen Verbindungen mit Sicherheit zu entdecken, in denen es durch andere Mittel schwieriger zu reduciren ist, als im oxydirten Zustande, wie z. B. in den Schwefelverbindungen.

Beide Arten des *Schwefelarseniks* As S^3 und As S^5 geben in der That mit Cyankalium in einem Glaskölbchen geschmolzen einen Spiegel von Arsenik, auch wenn man zu dem Gemenge noch kohlensaures Natron hinzugefügt hat, und man kann selbst in sehr kleinen Mengen von Schwefelarsenik auf diese Weise das Arsenik im metallischen Zustande darstellen.

Während des Schmelzens ist die Masse braun, nach dem Erkalten aber fast weifs. Geschah das Schmelzen des Schwefelarseniks mit dem Cyankalium in einem Porcellantiegel, so löst sich nach dem Erkalten die geschmolzene Masse vollständig in Wasser auf. Wird die Lösung mit Chlorwasserstoffsäure etwas übersättigt, so wird, während sich Cyanwasserstoff- und Schwefelwasserstoffgas entwikkelt, gelbes Schwefelarsenik gefällt. Durch das Schmelzen mit Cyankalium wird daher nicht die ganze Menge des Arseniks mit dem Schwefelarsenik reducirt und verflüchtigt, sondern ein Theil desselben bleibt mit Schwefelkalium als Schwefelsalz verbunden, und widersteht als solches der Zersetzung durch Cyankalium. Die vom gefällten Schwefelarsenik getrennte Flüssigkeit wird durch Eisenchloridlösung tief blutroth; es hat sich also beim Schmelzen neben dem Arsenik - Schwefelsalze eine bedeutende Menge von Rhodankalium gebildet.

Wenn man Schwefelarsenik As S^3 oder Ar S^5 mit Schwefel mengt, so wird aus dem Gemenge vermittelst des Schmelzens mit Cyankalium, ohne oder mit Zusatz von kohlensaurem Natron, kein Arsenik metallisch abgeschieden, und es bildet sich kein Spiegel von demselben. Es sublimirt sich nur bei einem Ueberschufs des Schwefels ein Theil von diesem. Wenn das höchste Sulphid des Arseniks mit Schwefelkalium oder mit Schwefelnatrium ein Schwefelsalz gebildet hat, so vermag aus demselben das Cyankalium

beim Schmelzen keinen Theil des Arseniks metallisch abzuscheiden.

So leicht daher selbst aus kleinen Mengen von Schwefelarsenik vermittelst des Cyankaliums das Arsenik im metallischen Zustande abgeschieden werden kann, so mufs dabei immer berücksichtigt werden, dafs dadurch nicht alles Schwefelarsenik in metallisches Arsenik verwandelt wird. Für gerichtliche Untersuchungen aber ist die Bemerkung nicht unwichtig, dafs gar kein Arsenik im metallischen Zustande aus dem Schwefelarsenik vermittelst des Cyankaliums abgeschieden werden kann, wenn dasselbe mit Schwefel gemengt ist.

Es ist ferner bei gerichtlichen Untersuchungen anzurathen, kleine Mengen von etwa vorhandener Arseniksäure in Auflösungen nach der Methode von Wöhler vermittelst schweflichter Säure in arsenichte Säure zu verwandeln, wenn man das aufgelöste Arsenik durch Schwefelwasserstoff in Schwefelarsenik verwandeln und aus diesem durch Cyankalium das metallische Arsenik darstellen will. Man erhält aus $As S^3$ vermittelst des Cyankaliums mehr metallisches Arsenik als aus $As S^5$.

Aber nicht nur die Gegenwart von Schwefel, sondern auch die von leicht reducirbaren Metallen kann die Sublimation des Arseniks und die Abscheidung der ganzen Menge desselben oder auch nur eines Theils verhindern, wenn arsenikalische Verbindungen mit Cyankalium geschmolzen werden. Das Arsenik scheidet sich dann gemeinschaftlich mit dem reducirten Metalle ab, und bildet mit demselben ein Arseniet, aus welchem bei einem gewissen Ueberschufs des Arseniks nur ein Theil desselben sich im metallischen Zustand sublimiren kann.

Wird arsenichtsaures *Kupferoxyd* (Scheele's Grün) mit Cyankalium geschmolzen, so erhält man nur einen geringen Spiegel von sublimirtem reducirten Arsenik. Wird hingegen das Kupfersalz mit mehr Kupferoxyd innig gemengt, und das Gemenge alsdann mit Cyankalium geschmolzen, so erhält man keine Spur von einem sublimirten Arsenikspiegel.

Wenn man trocknes arseniksaures Natron mit einem Ueberschufs von *Bleioxyd* mengt, und das Gemenge mit Cyankalium schmelzt, so reducirt sich zwar die ganze Menge des Bleis und mit ihm gemeinschaftlich das Arsenik, aber es zeigt sich kein Spiegel von sublimirtem Arsenik.

Durchs Schmelzen von *arseniksaurem Bleioxyd* mit Cyankalium erhält man einen starken Spiegel von Arsenik. Mengt man aber das Salz vorher mit vielem Bleioxyd, so kann durchs Schmelzen mit Cyankalium kein sublimirtes Arsenik erhalten werden.

Wird sehr fein zertheiltes *Schwefelblei* (durch Fällung eines Bleioxydsalzes vermittelst Schwefelwasserstoff erhalten) mit Schwefelarsenik ($As\,S^3$) gemengt mit Cyankalium dem Schmelzen unterworfen, so erhält man gewöhnlich einen wiewohl schwachen Spiegel von Arsenik, selbst auch wenn das Schwefelblei in einem bedeutenden Ueberschufs vorhanden ist. Wird aber vorher das Schwefelblei mit dem Schwefelarsenik nach dem Mengen auch nur so stark *erhitzt*, dafs beide, ohne zu schmelzen, zu einer chemischen Verbindung zusammensintern, so giebt diese beim Schmelzen mit Cyankalium keine Spur von sublimirtem Arsenik.

Mengt man trocknes arseniksaures Natron mit sehr vielem *Silberoxyd*, und schmelzt das Gemenge mit Cyankalium, so erhält man keinen Arsenikspiegel. Man mufs indessen eine sehr bedeutende Menge von Silberoxyd anwenden; bei geringeren Mengen erhält man mehr oder weniger reducirtes Arsenik.

Auch *Gold* kann die Verflüchtigung des durch Cyankalium reducirten Arseniks verhindern. Mengt man trocknes arseniksaures Natron mit fein zertheiltem Golde (durch Eisenvitriol aus einer Goldchloridlösung gefällt) so wird daraus beim Schmelzen mit Cyankalium kein Arsenik verflüchtigt. Die Menge des Goldes mufs hierbei aber sehr beträchtlich seyn.

Wird arseniksaures Natron mit einem Ueberschufs von *Eisenoxyd* gemengt, und das Gemenge mit Cyankalium dem Schmelzen unterworfen, so erhält man keine Spur

von sublimirtem Arsenik; die ganze Menge desselben **bleibt** bei dem reducirten Eisen.

Ganz ähnlich verhält sich *Nickeloxyd*, welches mit arseniksaurem Natron gemengt, durch das Schmelzen mit Cyankalium, die Verflüchtigung des reducirten Arseniks gänzlich verhindert, indem es sich mit demselben nach seiner eigenen Reduction verbindet.

Ebenso verhindert auch *Kobalt* beim Schmelzen mit Cyankalium die Verflüchtigung des reducirten Arseniks aus dem arseniksauren Natron.

Wird hingegen *Manganoxyd* oder *Manganoxyd-Oxydul* mit arseniksaurem Natron gemengt, und das Gemenge mit Cyankalium geschmolzen, so erhält man einen starken Spiegel von sublimirtem Arsenik. Auch wenn die Menge des hinzugefügten arseniksauren Natrons sehr unbedeutend ist, so sublimirt sich Arsenik. Aber das Cyankalium vermag beim Schmelzen das Manganoxyd nicht zu reduciren.

Aus demselben Grunde zeigt sich auch ein starker Spiegel von sublimirtem Arsenik, wenn arseniksaures Natron, selbst mit sehr vielem *Zinkoxyd* gemengt, mit Cyankalium zusammen geschmolzen wird. Arseniksaures Natron, mit metallischem Zink und Cyankalium geschmolzen, giebt auch einen starken Arsenikspiegel; es reducirt sich das Arsenik früher, als es sich mit dem Zink verbinden kann, was erst bei einer ziemlich hohen Temperatur möglich ist. — Dahingegen giebt eine Legirung von Zink und wenig Arsenik, welche sehr schwer schmelzbar ist, mit Cyankalium geschmolzen, keinen Spiegel von sublimirtem Arsenik, obgleich reines metallisches Zink durch langes Schmelzen mit Cyankalium zum Theil in Cyanzink, oder vielmehr in Kalium-Zinkcyanür, offenbar wohl entweder durch den Sauerstoff der Luft oder durch den des im Cyankalium enthaltenen cyansauren Kali's verwandelt wird. Aber in jener Legirung concentrirt sich dann, wenn ein Theil des Zinks aufgelöst wird, der Arsenikgehalt, ohne sich zu verflüchtigen.

Wismuthoxyd, auch in sehr bedeutender Menge mit ar-

seniksaurem Natron kann beim Schmelzen mit Cyankalium die Verflüchtigung des reducirten Arseniks nicht verhindern, obgleich das Wismuthoxyd gänzlich dabei reducirt wird. Aber die Verwandtschaft des Wismuths zum Arsenik ist eine so schwache, dafs durch blofse Erhitzung beim Ausschlufs der Luft das Arsenik von einer Legirung von Arsenik und Wismuth abgetrieben werden kann. Eine solche Legirung, auch wenn sie wenig Arsenik enthält, giebt daher in der Glasröhre einen Spiegel von Arsenik, sie mag für sich, oder gemeinschaftlich mit Cyankalium erhitzt werden.

Von keinem Metalle aber läfst sich das Arsenik so vollständig durch blofse Erhitzung trennen, wie vom *Antimon*. Deshalb kann man in den Antimon-Verbindungen auf keine andere Weise so sicher einen sehr geringen Gehalt an Arsenik entdecken, als auf die, dafs man sie mit Cyankalium schmelzt. Die kleinste Menge von Arsenik wird nach der Reduction verflüchtigt, und es bleibt nichts davon bei dem zu gleicher Zeit reducirten Antimon.

Wird z. B. eine grofse Menge von *antimonsaurem Natron* mit einer sehr kleinen Menge von arseniksaurem Natron gemengt, und das Gemenge mit Cyankalium geschmolzen, so erhält man einen Spiegel von sublimirtem Arsenik.

Aber auch in dem *Schwefelantimon* läfst sich ein sehr kleiner Gehalt von Schwefelarsenik mit Leichtigkeit vermittelst des Cyankaliums entdecken. Beide Schwefelmetalle werden durch Schmelzen mit demselben reducirt, und das Arsenik vom Antimon verflüchtigt.

Wenn man aber vermittelst des Cyankaliums einen Arsenikgehalt in dem käuflichen Antimonium crudum, der in demselben fast immer enthalten ist, auffinden will, so erreicht man seinen Zweck nicht. Ich habe seit längerer Zeit in mehreren Sorten des im Handel vorkommenden Schwefelspiesglanzes vermittelst des Cyankaliums einen Arsenikgehalt vergeblich aufzufinden gesucht.

Der Grund davon ist der, dafs im Antimonium crudum

fast immer noch andere Schwefelmetalle, namentlich Schwefelblei enthalten sind, welche vermittelst des Cyankaliums ebenfalls reducirt werden, und deren Metalle das Arsenik bei höherer Temperatur fest zu halten im Stande sind.

Wenn man daher zu reinem Schwefelantimon eine auch nur sehr geringe Menge von Schwefelarsenik setzt, und das Gemenge mit Cyankalium schmelzt, so erhält man sicher in den kälteren Theilen der Glasröhre einen Spiegel von sublimirtem Arsenik.

Dieser Spiegel ist aufserordentlich gering, wenn man Schwefelantimon, Schwefelblei und etwas Schwefelarsenik im pulverförmigen Zustand mit einander mengt, und das Gemenge mit Cyankalium schmelzt.

Werden aber die drei genannten Schwefelmetalle vorher zusammengeschmolzen, das Geschmolzene nach dem Erkalten gepulvert, und das Pulver mit Cyankalium geschmolzen, so erhält man nie einen Spiegel von sublimirtem Arsenik.

Die Verbindungen der Arseniksäure mit *Kali* und *Natron* geben, mit Cyankalium geschmolzen sehr leicht und schnell einen Spiegel von Arsenik. Auch beim Schmelzen der *arseniksauren Kalkerde* mit Cyankalium sublimirt sich Arsenik als ein Spiegel, doch merkwürdig langsam, und erst nach stärkerem Erhitzen, während durchs Schmelzen der *arsenichtsauren Kalkerde* mit Cyankalium derselbe leicht und schnell erscheint. Durch *arseniksaure Magnesia* und *arseniksaure Thonerde* wird vermittelst des Schmelzens mit Cyankalium ein Arsenikspiegel leicht erzeugt.

II. Antimonverbindungen.

Die Verbindungen des Antimons gehören bekanntlich zu denen, deren Untersuchung mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft ist. Diese bestehen darin, dafs das Antimon daraus schwer abzuscheiden ist, und dafs die Menge des abgeschiedenen Antimons nur durch Umwege, und nicht mit sehr grofser Sicherheit bestimmt werden kann.

Die beste, und in jeder Hinsicht die empfehlenswertheste

Methode der quantitativen Bestimmung des Antimons in gewissen Verbindungen, namentlich wenn dasselbe als Antimonsäure mit Alkalien, oder als Sulphfid mit alkalischen Schwefelmetallen verbunden ist, ist unstreitig die Verjagung des Antimons vermittelst des Salmiaks. Freilich wird die Menge des Antimons bei dieser Methode nur aus dem Verlust berechnet, aber man erhält die Menge der Alkalien als Chlormetalle bei nur einiger Vorsicht mit einer grofsen, fast überraschenden Genauigkeit.

Da aber die Antimonsäure aus den meisten seiner anderen Verbindungen nicht durch Salmiak vollständig verflüchtigt werden kann, und es überhaupt wünschenswerth ist, dieses Metall unmittelbar und nicht blofs aus dem Verlust bestimmen zu können, so habe ich die Versuche, das Antimon vermittelst des Cyankaliums im reducirten Zustand zu erhalten, vielfältig wiederholt, bin aber endlich, nach langen Bemühungen zu dem Resultate gekommen, dafs diese Methode nicht vollkommen genau ist.

Weil indessen diese Versuche selbst für analytische Untersuchungen nicht ganz ohne Nutzen seyn können, so will ich das Wesentlichste aus den Resultaten derselben mittheilen.

Antimonsaure Salze.

Wird *antimonsaures Kali* mit Cyankalium in einem Tiegel mit gut schliefsendem Deckel von Berliner Porcellan geschmolzen, so erhält man, wenn das Schmelzen nicht zu kurze Zeit gedauert hat, nach Behandlung der geschmolzenen Masse mit Wasser das Antimon vollständig reducirt, und zwar als eine grofse Kugel nebst einer sehr geringen Menge von pulverförmigem Metall. Die filtrirte Lösung, mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt, wobei Cyanwasserstoff- und Kohlensäuregas entwichen, blieb klar, und zeigte, durch Schwefelwasserstoff geprüft, eine aufserordentliche geringe Spur von aufgelöstem Antimon. Die Flüssigkeit färbte sich durch entstandenes Schwefelantimon nur etwas gelblich.

Aber gröfsere, obgleich nie sehr bedeutende Mengen von aufgelöstem Antimon konnten in der vom reducirten Metall filtrirten Flüssigkeit vermittelst des Schwefelwasserstoffs entdeckt werden, wenn die geschmolzene Masse nach dem Erkalten mit Wasser übergossen worden war, und nach Lösung der Salzmasse, die Flüssigkeit, ohne vom reducirten Metall abfiltrirt zu werden, 24 Stunden oder länger mit demselben in Berührung blieb.

Wurde hingegen die geschmolzene Masse mit Alkohol übergossen, der vorher mit einem gleichen Volum von Wasser verdünnt worden war, so enthielt die filtrirte Lösung, nachdem sie möglichst kurze Zeit mit dem reducirten Metall in Berührung gewesen, kein Antimon, von welchem Metall aber, obgleich höchst unbedeutende Spuren, in der Flüssigkeit sich zeigten, wenn dieselbe vor dem Filtriren längere Zeit mit dem reducirten Antimon in Berührung gewesen war.

1,022 Grm. des antimonsauren Kalis gaben nach dem Schmelzen mit Cyankalium, und Behandlung der geschmolzenen Masse mit verdünntem Alkohol 0,598 Grm. reducirten Antimons. Von diesem machten 0,550 Grm. eine geschmolzene Kugel aus, das Uebrige war pulverförmig. Das Ganze wurde auf einem gewogenen Filtrum mit verdünntem Alkohol ausgewaschen.

Jene Menge des Metalls entspricht 0,783 Grm. Antimonsäure oder 76,61 Proc.

Das angewandte antimonsaure Kali war von derselben Menge, von welcher Hr. Heffter bei seinen Untersuchungen in meinem Laboratorium benutzt, und in dem er bei Anwendung der Zerlegung vermittelst Salmiaks 78,71 bis 78,79 Proc. Antimonsäure gefunden hatte [1]).

Durch die Untersuchung vermittelst des Cyankaliums waren also im Salze mehr als 2 Proc. Antimonsäure weniger gefunden worden.

Die Ursache dieses Verlustes ist die Verflüchtigung einer geringen Menge des metallischen Antimons. Bei allen

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 433.

Schmelzungen mit Cyankalium bemerkt man einen deutlichen und oft sehr starken Geruch nach Ammoniak, das nur durch Feuchtigkeit aus der Cyanverbindung entwickelt wurde. Vielleicht wird durch Zersetzung desselben etwas Antimonwasserstoff verflüchtigt, das gröfstentheils wieder durch die Hitze sich zerlegt. Man kann deutlich bemerken, dafs bei den Schmelzungen der Antimonverbindungen mit Cyankalium bisweilen die Aufsenseite des Porcellandeckels theilweise mit einer sehr dünnen Schicht von metallischem Antimon überzogen wurde. — Es ist indessen auch eben so wahrscheinlich, dafs sich etwas Antimon mit den sich entwickelnden Dämpfen verflüchtigt.

Wird das antimonsaure Kali, mit Cyankalium gemengt, in einer Kugelröhre in einem Strome von Wasserstoffgas geschmolzen, so zeigt sich ein kleiner Spiegel von metallischem Antimon an den kälteren Stellen der Glasröhre. Wenn diese Verflüchtigung des reducirten Antimons von etwas erzeugtem Antimonwasserstoff herrühren sollte, so ist die Menge desselben jedenfalls aufserordentlich gering, denn die angebrannte Wasserstoffflamme giebt auf weifsem Porcellan nur höchst geringe Flecke.

Wenn das antimonsaure Kali, ohne mit Cyankalium gemengt zu seyn, in einem Strome von Wasserstoffgas erhitzt wird, so reducirt es sich vollständig, und zwar nicht gemeinschaftlich mit dem Kalium zu Antimonkalium, sondern das Kali verwandelt sich in Kalihydrat. Auch hier verflüchtigt sich eine kleine Menge des Antimons, das sich in dem kalten Theil der Röhre absetzt. Die Wasserstoffgasflamme erzeugte auf weifsem Porcellan anfangs einige Antimonflecke, später nicht.

Jedenfalls aber hängt bei diesen Versuchen die Verflüchtigung einer kleinen Menge von metallischem Antimon mit der Gegenwart des Wasserstoffgases zusammen. Denn wurde antimonsaures Kali mit Cyankalium gemengt in einer Kugelröhre zusammengeschmolzen, während ein Strom von trockner Kohlensäure darüber geleitet wurde, so setzte sich nichts von dem reducirten Antimon in den

kältern Theil der Glasröhre ab. Es schien aber die sehr kleine Menge des sich verflüchtigten Antimons durch die Kohlensäure oxydirt worden zu seyn, denn man konnte deutlich einen weifsen Rauch von Antimonoxyd in dem weggehenden Gase bemerken.

Antimonsaures Natron verhielt sich dem Kalisalze vollkommen ähnlich. Wenn man dasselbe mit Cyankalium geschmolzen hat, so erhält man nach Lösung der Salzmasse das Antimon als eine geschmolzene Kugel, und nur eine geringe Menge desselben als Pulver. Die filtrirte Lösung enthält nur höchst geringe Spuren von aufgelöstem Antimon, und fast gar keine davon, wenn die Salzmasse in Spiritus aufgelöst, und unmittelbar nach der Lösung vom reducirten Antimon abfiltrirt worden ist. — Durch Wasserstoffgas wird bei erhöhter Temperatur das antimonsaure Natron eben so reducirt wie das Kalisalz. Es bildet sich neben dem reducirten Antimon Natronhydrat.

Auch *antimonsaure Baryterde* verhält sich nach dem Schmelzen mit Cyankalium wie die antimonsauren Alkalien; nur wurde nach Lösung der Salzmasse das reducirte Antimon nicht in einer sondern in sehr vielen kleinen Kugeln reducirt erhalten. Die bei der Zersetzung sich bildende kohlensaure Baryterde hatte das Zusammenschmelzen zu einer Kugel verhindert. Die filtrirte Lösung enthielt nur sehr geringe Spuren von Antimon.

Am wichtigsten erschien es mir, zu untersuchen, ob aus den verschiedenen Arten des Schwefelantimons durch Schmelzen mit Cyankalium das Antimon quantitativ abgeschieden werden könne. Bei den meisten Untersuchungen fällt man das Antimon aus seinen Lösungen durch Schwefelwasserstoff, aber die Bestimmung des Antimons in dem erhaltenen Schwefelantimon ist bekanntlich etwas schwierig.

Schwarzes *Schwefelantimon*, SbS^3, im fein gepulverten Zustande, eben so wie das rothe Schwefelantimon (aus einer Lösung von Chlorantimon durch Schwefelwasserstoff gefällt) mit Cyankalium geschmolzen, geben nach Lösung der Salzmasse in Wasser eine grofse Menge von reducir-

tem Antimon, gewöhnlich in einer einzigen grofsen Kugel. Nur bisweilen hat sich neben dieser Kugel eine geringe Menge von pulverförmigem Metall abgeschieden. Letzteres sowohl, als auch die gröfsere Kugel, nachdem sie gepulvert worden, entwickelten mit Chlorwasserstoffsäure gekocht, keine Spur von Schwefelwasserstoff, wenn sie von der Lösung der Salzmasse durch Auswaschen getrennt worden waren. Die Reduction des Schwefelantimons zu Antimon ist daher eine vollkommene.

Aber es wurde nicht alles Schwefelantimon als reducirtes Antimon abgeschieden; ein Theil desselben, und ein nicht ganz unbeträchtlicher fand sich in der filtrirten Lösung der geschmolzenen Salzmasse. Dieselbe entwickelte durch Uebersättigung vermittelst verdünnter Chlorwasserstoffsäure neben Cyanwasserstoff- auch Schwefelwasserstoffgas und es schied sich dabei rothes Schwefelantimon ab. Es war diefs immer der Fall, wenn auch die Versuche auf die mannigfaltigste Weise modificirt wurden. Es geschah, wenn dem Cyankalium noch kohlensaures Natron zugesetzt wurde, oder wenn ich während des Schmelzens oxalsaures Ammoniak hinzufügte.

Da die Salzlösung vermittelst Chlorwasserstoffsäure Schwefelwasserstoffgas entwickelte, so war das Antimon in derselben als ein Schwefelsalz, als Hepar Antimonii aufgelöst, aus welchem, wie in den analogen Schwefelsalzen des Arseniks, durch Cyankalium das Metall nicht reducirt abgeschieden werden kann.

In der That, wenn man durch Schmelzen von kohlensaurem und antimonsaurem Natron mit Schwefel ein Hepar Antimonii bereitet hat, so wird aus diesem durch Schmelzen mit Cyankalium keine Spur von Antimon reducirt, und die geschmolzene Salzmasse löst sich vollständig in Wasser auf.

Eben so wenig wird Antimon reducirt, wenn das bekannte Schwefelsalz von Antimonsulphid und Schwefelnatrium, das unter dem Namen des Schlippe'schen Salzes be-

kannt ist ($3 NaS + SbS^5$), nach seiner Entwässerung mit Cyankalium geschmolzen wird.

Da es möglich seyn konnte, dafs beim Schmelzen von Schwefelantimon mit Cyankalium nur das in letzterem enthaltene cyansaure Kali das im Schwefelsalze enthaltene alkalische Schwefelmetall bildet, so wurde das Cyankalium erst mit Kohlenpulver geschmolzen, und dann erst das Schwefelantimon hinzugefügt. Der Erfolg war aber derselbe, wie zuvor; so dafs also das Cyankalium selbst die Bildung des Hepar Antimonii veranlafst.

Auch wenn Schwefelantimon mit einer Mengung von Cyankalium und entwässertem Borax geschmolzen wird, so ist der Erfolg derselbe. Es bildet sich durch Schmelzen ein leicht schmelzbares und ein schwer schmelzbares Hepar Antimonii; und letzteres ist Ursach, dafs das reducirte Antimon nicht zu einer Kugel zusammenfliefst, sondern mehrere Kügelchen bildet.

Wenn bei allen diesen Versuchen es nicht möglich war, die ganze Menge des Schwefelantimons zu metallischem Antimon zu reduciren, so war doch die Menge des aus Schwefelantimon durch Cyankalium reducirten Metalls bei weitem bedeutender, als die, welche beim Zusammenschmelzen von kohlensaurem Alkali mit Schwefelantimon (SbS^3) entsteht. In diesem letzteren Falle scheidet sich beim Schmelzen aus dem Hepar Antimonii nur aus dem Grunde etwas vom Antimon metallisch aus, weil das Schwefelantimon SbS^3 zum Theil in SbS^5 und in metallisches Antimon zerfällt. Beim Schmelzen mit Cyankalium ist es aber vorzüglich die Bildung von Rhodankalium, durch welches das Schwefelantimon zum gröfsten Theile in metallisches Antimon verwandelt wird. Wird die Lösung der geschmolzenen Salzmasse mit Chlorwasserstoffsäure gesättigt, so dafs diese Säure nur sehr wenig vorwaltet, das Ganze zur Entfernung des Schwefelwasserstoffs etwas erhitzt, und das gefällte Schwefelantimon darauf durch Filtration getrennt, so färbt sich die filtrirte Lösung dunkel blutroth, wenn Eisenchlorid hinzugefügt wird.

Wenn Schwefelantimon mit Cyankalium geschmolzen wird, so ist während des Schmelzens die Masse dunkelbraun, nach dem Erkalten aber ist sie fast weifs. Auf der Oberfläche aber wird sie durch Zutritt der Kohlensäure der Luft leicht roth, wie Hepar Antimonii, oder wie die fast farblosen oder schwach gelblichen Schwefelsalze des Antimons überhaupt. Eben so scheidet sich aus der Lösung der Salzmasse durch Stehen mit der Zeit Schwefelantimon ab.

Auch aus dem höchsten Schwefelantimon, SbS^5, wird durch Schmelzen mit Cyankalium Antimon metallisch abgeschieden. Aus der Lösung der Salzmasse fällt, wenn sie mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt wird, viel rothes Schwefelantimon nieder.

In einer Abhandlung, die sehr viele richtige Bemerkungen enthält, führt Bloxam an, dafs er beim Schmelzen von Schwefelantimon mit Cyankalium kein reducirtes metallisches Antimon erhalten hat [1]).

Es scheint mir diefs vielleicht nur dadurch erklärt zu werden, dafs das angewandte Schwefelantimon vielleicht mit sehr *vielem* Schwefel gemengt gewesen ist.

Wird schwarzes Schwefelantimon mit Cyankalium gemengt in einer Kugelröhre geschmolzen, während ein Strom von Wasserstoffgas darüber geleitet wird, so setzt sich in dem kälteren Theile der Röhre eine sehr kleine Menge von verflüchtigtem Antimon ab. Die Wasserstoffgasflamme bildete auf weifsem Porcellan Antimonflecke. Da weder die Schwefelsalze des Antimons, noch das Rhodankalium bei erhöhter Temperatur durch Wasserstoffgas angegriffen werden, so verhielt sich die geschmolzene Salzmasse nach ihrer Lösung in Wasser wie die, welche nicht im Wasserstoffgasstrome behandelt worden war. Mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure fiel Schwefelantimon, und durch Eisenchlorid konnte in der filtrirten Lösung das Rhodankalium nachgewiesen werden.

Geschah die Schmelzung eines Gemenges von Schwefelantimon mit Cyankalium in einem Strome von Kohlensäure-

1) Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 83, S. 190.

gas, so zeigt sich kein Spiegel von verflüchtigtem Antimon, aber dem Kohlensäure-Strome folgte ein geringer weifser Rauch. Nach dem Erkalten sah die Salzmasse durch die Einwirkung der Kohlensäure auf das gebildete Schwefelsalz des Antimons röthlich aus, und nach der Lösung in Wasser schied sich etwas rothes Schwefelantimon ab.

Wird ein Gemenge von schwarzem Schwefelantimon, von Schwefel, und von Cyankalium in einer Kugelröhre in einem Strome von Wasserstoffgas geschmolzen, so verflüchtigt sich aus der schmelzenden Masse nur der Ueberschufs von Schwefel, aber kein Antimon. Die Wasserstoffflamme giebt auch keine Antimonflecke auf weifsem Porcellan. Es konnte sich indessen kein Antimon verflüchtigen, da nichts davon reducirt worden war, indem sich nur ein Schwefelsalz des Antimons gebildet hatte, das der Wirkung des Cyankaliums und des Wasserstoffs widersteht. In der Lösung der geschmolzenen Masse war Rhodankalium, dafs indefsen nur durch Schmelzen des Cyankaliums mit Schwefel entstanden war.

Es ergiebt sich aus diesen Untersuchungen, dafs das Antimon zwar aus seinen oxydirten Verbindungen vermittelst des Schmelzens mit Cyankalium vollständig reducirt und abgeschieden wird, dafs aber diese Methode der Abscheidung nicht bei genauen quantitativen analytischen Untersuchungen benutzt werden kann. Aus dem Schwefelantimon hingegen wird durch Schmelzen mit Cyankalium nur der gröfsere Theil des Metalles reducirt, das seinen Schwefel abgiebt, welches mit dem Cyankalium Rhodankalium bilbet. Ein anderer Theil widersteht der Reduction, indem er sich mit erzeugtem Schwefelkalium zu einem Schwefelsalze verbindet, das der Einwirkung des Cyankaliums widersteht.

Die oxydirten und die geschwefelten Verbindungen des Antimons verhalten sich also beim Schmelzen mit Cyankalium den Verbindungen des Arseniks analog.

(Fortsetzung folgt.)

II. *Ueber die Anwendung der magnetischen Induction auf Messung der Inclination mit dem Magnetometer; von Wilh. Weber.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. im Auszuge aus d. Abhandl. d. K. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen Bd. V.)

Es ist bekannt, dafs die Beobachtungen des Erdmagnetismus durch die vom Hrn. Geheimen Hofrath Gaufs in der Abhandlung »Intensitas« aufgestellten Messungsprincipien und durch die zu ihrer Durchführung in Anwendung gebrachten Magnetometer von blofsen Vergleichungen zu wahren Maafsbestimmungen erhoben worden sind, und zugleich einen Grad von Präcision erlangt haben, welcher dem der astronomischen Beobachtungen kaum etwas nachgiebt. Das hierauf begründete jetzt allgemein angenommene Messungssystem erstreckt sich unmittelbar nur auf die horizontalen Elemente des Erdmagnetismus, *Declination* und *horizontale Intensität*, wobei das Magnetometer in seiner doppelten Form als *Unifilar-* und *Bifilar-Magnetometer* Anwendung findet. Die von Gaufs in der »Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus« entwickelten Lehren beweisen nun zwar, dafs diese horizontalen Elemente für sich allein schon ein in seiner Art abgeschlossenes Beobachtungssystem liefern können, auf welches sich eine vollständige Bestimmung des Erdmagnetismus gründen läfst, und dafs es dazu der *Inclinationsbeobachtungen* nicht nothwendig bedarf; jedoch bleibt ein solches Beobachtungssystem mit Zuziehung der Inclinationsbeobachtungen leichter zu beschaffen, weshalb auf letztere nicht verzichtet werden kann. Es fehlt nun aber diesen letzteren Beobachtungen jene in der Beobachtung der horizontalen Elemente durch die Magnetometer erworbene Classicität, und dieser Mangel hat wesentlich einen doppelten Grund, *erstens* darin, dafs die Wirkung der verticalen magnetischen Kraft nicht für sich allein, sondern nur mit der Wirkung der

Schwerkraft unserer ponderabelen Nadeln verbunden beobachtet wird. Durch Ummagnetisirung der Nadeln lassen sich zwar so verschiedene Verbindungen beider Kräfte darstellen, dafs eine Scheidung des von jeder einzelnen Kraft herrührenden Antheils an der Wirkung möglich wird; die auf diese Weise von der verticalen magnetischen Kraft gewonnene Bestimmung kann aber nie den Grad der Präcision erreichen, wie die Bestimmung der horizontalen magnetischen Kraft, welche aus den Wirkungen, welche sie für sich allein und unvermischt mit anderen Kräften hervorbringt, direct erforscht werden kann. *Zweitens* findet die *magnetometrische Einrichtung*, worauf die Möglichkeit *feinerer* Beobachtung beruht, auf die zur Inclinationsmessung gebrauchten Instrumente keine Anwendung, wegen des Einflusses der Reibung, dem diese Instrumente unterworfen sind, welcher die Anwendung feinerer Beobachtungsmittel illusorisch machen würde. Diese Mängel sind mit den Verhältnissen, unter welchen die Wirkung des verticalen Theils des Magnetismus der Erde auf den *Magnetismus* anderer Körper beobachtet werden mufs, so verbunden, dafs sie auf keine Weise vermieden werden können, und die kunstreichste Anordnung und Verbindung der Beobachtungen kann nur dazu dienen, die nachtheiligen Folgen dieser Mängel zu vermindern, aber nicht zu beseitigen.

Der Magnetismus der Erde wirkt aber nicht blofs auf den *Magnetismus*, sondern auch auf die *Elektricität* anderer Körper, und es leuchtet ein, dafs diese letztere Wirkung ebenso wie jene erstere zu seiner Erforschung dienen kann. Mit dieser neuen Grundlage, auf deren Bedeutung ebenfalls von Gaufs, gleich nach Faraday's Entdeckung der magnetischen Induction, aufmerksam gemacht worden ist, habe ich ein neues Instrument zur Messung der Inclination unter dem Namen *Inductions-Inclinatorium* (Resultate aus den Beob. des magn. Vereins im Jahre 1837, S. 81) dargestellt, welches von dem ersten der beiden angeführten Mängel aller anderen Inclinatorien ganz frei war: es fand dabei nämlich keine Vermischung der Wirkung des ver-

ticalen Theils des Erdmagnetismus mit der Schwerkraft statt, und es war daher auch keine Ummagnetisirung erforderlich, um den Antheil des verticalen Theils des Erdmagnetismus an der Wirkung von dem der Schwerkraft zu scheiden. Es blieb aber noch der zweite Mangel übrig, nämlich der, dafs sich auch mit diesem Instrumente die magnetometrische Einrichtung zur feineren Beobachtung nicht verbinden liefs, weshalb diese neue Methode practisch erfolglos bleiben mufste.

Es ist mir aber jetzt gelungen, auch diesen zweiten Mangel zu heben und Einrichtungen zu treffen, wo die *elektrische Wirkung* sowohl des verticalen als auch des horizontalen Theils des Erdmagnetismus mit dem *Magnetometer*, und zwar mit dem Unifilar-Magnetometer, mit derselben Präcision gemessen werden kann, welche bisher blofs den magnetometrischen Bestimmungen der horizontalen Elemente eigen war. Diese »Anwendung der magnetischen Induction auf Messung der Inclination mit dem Magnetometer« ist der Gegenstand gegenwärtiger Abhandlung. Es führt diese erweiterte Anwendung des Magnetometers auf die Ausführung von Inclinationsmessungen zu einer Gleichförmigkeit der Behandlung und zu einer Sicherheit und Genauigkeit in der Bestimmung aller magnetischen Elemente, welche für die practische Lösung der Aufgabe einer genauen und vollständigen Erforschung des Erdmagnetismus nicht ohne Bedeutung ist.

Um von diesem Instrumente zunächst einen einfachen allgemeinen Begriff zu geben, erinnere ich an die bekannten Einrichtungen der jetzt gebräuchlichen *elektromagnetischen Telegraphen*, welche von doppelter Art sind, je nachdem nämlich die elektrischen Ströme, welche zum Zeichengeben benutzt werden, entweder von einer *galvanischen Säule* ausgehen, oder im elektrischen Leiter durch *magnetische Kräfte* inducirt werden. Ich habe nun einen Telegraphen der letzteren Art construirt, wo *die magnetische Kraft der Erde* zur Induction der elektrischen Ströme dient, und zwar so starker Ströme, dafs sie zum Zeichengeben

benutzt werden können. Dabei kann nach Belieben bald die *verticale* bald die *horizontale* Componente jener Kraft für die Induction in Anwendung gebracht werden. Ist nun dieser Telegraph ein sogenannter Nadel-Telegraph (wie in England gebräuchlich ist), wo der Strom das Zeichen dadurch giebt, dafs er durch einen Multiplicator geht und eine in letzterem aufgehangene Boussole vom magnetischen Meridiane ablenkt; so übersieht man leicht, dafs durch eine genaue Vergleichung der Gröfse dieser Ablenkungen das *Verhältnifs der Stärke* der von der *verticalen* und *horizontalen* Componente der erdmagnetischen Kraft inducirten elektrischen Ströme bestimmt werden kann, d. i. die *Tangente der gesuchten Inclination.* Es kommt bei der Construction dieses Telegraphen nur darauf an, *fein mefsbare Ablenkungen* der Boussole darzustellen und dabei alle *störenden Einflüsse,* z. B. die mit einer *Commutation* der Drahtverbindungen verknüpften, auszuschliefsen. Zu *ersterem* Zwecke mufs, wie von selbst einleuchtet, die gemeine Boussole im Multiplicator mit einem *Magnetometer* vertauscht werden. Die damit in der Beobachtung der Ablenkungen erreichbare Feinheit würde aber von keinem Nutzen seyn, wenn nich zugleich alle auf diese Ablenkung störend einwirkenden fremdartigen Einflüsse vermieden werden könnten. Zur Erreichung dieses *anderen* Zweckes kommt es wesentlich darauf an: 1) dafs zur Vergröfserung der Ablenkung *keine Commutation* gebraucht, 2) dafs die Gröfse der Ablenkung *unabhängig von der Geschwindigkeit der Inductionsbewegung* gemacht werde. Denn die Kette mufs erstens ganz *unverändert* bleiben, wenn die beobachteten Ablenkungen eine genaue Vergleichung der Kräfte, durch welche sie hervorgebracht wurden, gestatten sollen; und diese Kräfte dürfen zweitens selbst keinen Schwankungen unterworfen seyn, wie es der Fall seyn würde, wenn sie von der Geschwindigkeit der Inductionsbewegung und deren Messungen abhingen. Ich werde zeigen, dafs beide Bedingungen auf das vollkommenste erfüllt werden können, wenn die ganze Inductionsbewegung auf einen einfachen

momentan auszuführenden *Inductionsstofs* beschränkt wird, der stark genug ist, um eine mit dem Magnetometer auf das Feinste mefsbare Ablenkung hervorzubringen. Ein solcher einfacher Inductionsstofs besteht in einer halben Umdrehung des Inductors, bei welcher keine Commutation in der Verbindung des Inductordrahts mit dem des Multiplicators nöthig ist, weil während einer solchen halben Umdrehung kein Wechsel in der Richtung des inducirten Stroms stattfindet.

Eine Abbildung und Erklärung des Instruments im Einzelnen wird am Schlusse dieser Abhandlung beigefügt werden; vor der Hand genügt es zu bemerken, dafs ein einziger in sich zurücklaufender Kupferdraht sowohl den *Multiplicator* als auch den *Inductor* bildet, die beide in schicklicher Entfernung von einander (so dafs die Magnetometernadel von der Mitte des Multiplicators aus am Orte des Inductors keinen merklichen Einflufs im Vergleich mit dem Erdmagnetismus ausübt) sich befinden und durch zwei parallele Stücke Kupferdraht mit einander zusammen hängen. Der Inductor ist stellbar, entweder so, dafs seine Drehungsaxe vertical steht, oder so, dafs sie horizontal und dem magnetischen Meridiane parallel gerichtet ist. In beiden Stellungen kann der Inductor in jedem beliebigen Augenblicke plötzlich im Halbkreis herum gedreht werden, dort um die *verticale* Axe, hier um die *horizontale*. Eine solche rasch ausgeführte Drehung des Inductors um 180 Grad heifst ein *Inductionsstofs*. Den beiden angegebenen Stellungen des Inductors entsprechen dann zwei Arten von Inductionsstöfsen, welche sich wesentlich dadurch von einander unterscheiden, dafs bei den ersteren nur die *horizontale*, bei den letzteren nur die *verticale* Componente der erdmagnetischen Kraft inducirend wirkt, vorausgesetzt, dafs die beschriebenen Drehungen im ersteren Falle wirklich genau um eine *verticale*, im letzteren Falle genau um eine *horizontale* Axe geschehen. Ueber die Anwendung solcher *Inductionsstöfse* zu feinen Messungen siehe die »Resultate aus den Beob. d. magn. Ver. im Jahre 1838« (Leipsig 1839)

und »Abhandlungen über elektrodynamische Maafsbestimmungen« (Leipzig, Weidmann'sche Buchhandlung, 1852), 2te Abhandlung Beilage C S. 341 ff., wo auch die Regeln entwickelt sind, nach welchen die von den inducirten elektrischen Strömen hervorgebrachten Ablenkungen der Magnetometernadel im Multiplicator *multiplicirt* und die Beobachtungen derselben der Rechnung unterworfen werden. Es ist nicht nöthig, diese Regeln hier nochmals zu entwickeln, sondern es können sogleich die nach diesen Regeln ausgeführten Beobachtungen selbst angeführt werden, woraus sich am besten übersehen läfst, ob dieses Instrument für die Messung der Inclination die erforderliche Feinheit mit der beabsichtigten Vereinfachung der Arbeit wirklich verbinde, wie es der Fall seyn mufs, wenn es im Vergleich mit den Leistungen der besten vorhandenen Inclinatorien von wesentlichem Nutzen seyn soll.

I. Beobachtungen der magnetischen Inclination mit dem Inductions-Magnetometer.

Nach Aufstellung des Magnetometers und Multiplicators wurde die Stellung des Inductors so regulirt, dafs 1) seine eigene Axe (d. h. die Axe der Cylinderfläche, auf welche der Draht gewunden war) horizontal und dem magnetischen Meridiane parallel gerichtet war, 2) dafs die Axe, um welche diese Rolle 180° vorwärts oder rückwärts gedreht werden konnte, genau *vertical* stand, was mit einer auf den oberen Drehungszapfen gestellten Libelle auf wenige Bogen-Secunden genau geprüft werden konnte. Die Magnetometernadel im Multiplicator war beim Beginn der Versuche im magnetischen Meridiane ganz in Ruhe, was durch die Dämpfungskraft des Multiplicators bewirkt wurde, welche verstärkt worden war, indem die beiden Drahtstücke, durch welche Multiplicator und Inductor zusammenhingen, mit einander unmittelbar durch eine kupferne Klammer verbunden und der Multiplicator dadurch in sich selbst abgeschlossen wurde. Bei so verstärkter Dämpfung verhielten sich zwei auf einander folgende Schwingungsbögen

der Nadel wie 100 : 71; folglich ward der Schwingungsbogen nach 30 Schwingungen, oder, da die Schwingungsdauer 18 Secunden betrug, in 9 Minuten, durch diese Dämpfung 29000 Mal verkleinert, d. h. die Nadel war ganz in Ruhe, so grofs auch ihr anfänglicher Schwingungsbogen gewesen war. Die zu schnellerer Dämpfung gebrauchte Klemme wurde nun vor Anfang der Beobachtungen entfernt und darauf der *erste* (positive) Inductionsstofs mit dem Inductor gegeben. Diefs konnte von dem am Fernrohr stehenden Beobachter selbst durch einen zu diesem Zwecke eingerichteten Fufstritt geschehen; bei den folgenden Beobachtungen geschah es aber durch einen Gehülfen mit einer an der Inductorrolle angebrachten Kurbel. Die durch diesen Inductionsstofs in Bewegung gesetzte Nadel entfernte sich vom magnetischen Meridiane und erreichte nach 9 Secunden (nach einer halben Schwingungsdauer) das Maximum ihrer östlichen oder westlichen Ablenkung; welches von dem Beobachter, nach vorher bemerktem Ruhestande der Nadel, aufgezeichnet wurde. Hierauf kehrte die Nadel um und ging nach ungefähr 9 Secunden wieder durch den magnetischen Meridian. In diesem Augenblicke erfolgte der *zweite* (negative) Inductionsstofs, indem der Inductor wieder 180° zurückgedreht wurde, wodurch die Nadel in ihrer Rückwärtsbewegung beschleunigt ward. Die so beschleunigte Nadel erreichte darauf nach 9 Secunden das Maximum ihrer westlichen oder östlichen Ablenkung, welches wiederum aufgezeichnet wurde u. s. f. Die folgende Tafel I giebt unter No. 0 den ursprünglichen Ruhestand und unter No. 1 — 16 die 16 darauf folgenden auf die beschriebene Weise beobachteten Elongationen. Diese Beobachtungen dauerten kaum 5 Minuten lang.

Tafel I.

Göttingen 1852. Aug. 3. $0^h 20' - 0^h 25'$.

No.	Stand der Nadel bei der beobachteten Elongation in Scalentheilen.	No.	Stand der Nadel bei der beobachteten Elongation in Scalentheilen.
0	1236,2	9	1030,8
1	1195,0	10	1450,9
2	1313,8	11	1014,7
3	1131,1	12	1464,0
4	1367,4	13	1003,1
5	1085,6	14	1473,4
6	1405,3	15	996,9
7	1053,2	16	1479,8
8	1432,0		

Nach der letzten Beobachtung wurde sogleich die Klemme zur Verstärkung der Dämpfungskraft des Multiplicators wieder geschlossen und während der Beruhigung der Nadel der Inductor umgestellt und so regulirt, dafs 1) seine eigene Axe vertical stand, 2) die Axe, um welche er 180° vorwärts oder rückwärts gedreht werden konnte, von nun an eine genau *horizontale* dem magnetischen Meridiane parallele Lage erhielt, was, wie bei einem Theodolithen, durch eine auf beide Drehungszapfen zugleich aufgestellte Libelle geprüft wurde. Nach Entfernung der zur Dämpfung gebrauchten Klemme wurde sodann die zweite Beobachtungsreihe, ebenso wie die erste, ausgeführt und dieselbe darauf noch 3 Mal wiederholt, in Zwischenzeiten von 10 Minuten, welche jedesmal zur Beruhigung der Nadel nöthig waren. Auf diese 4 bei gleicher Stellung des Inductors ausgeführten Beobachtungsreihen folgte die letzte, bei welcher wieder dieselbe Stellung des Inductors wie bei der ersten hergestellt wurde. Die folgende Tafel II. giebt die Uebersicht von diesen 6 Beobachtungsreihen, welche mit Einschlufs der zur Dämpfung und Einstellung des Inductors erforderlichen Zwischenzeiten in $1^h 20'$ ausgeführt wurden. Die einzelnen Reihen sind mit den Buchstaben *A B C D E F* bezeichnet worden.

Tafel II.

Göttingen, 1852. Aug. 3. $0^h\ 20' - 1^h\ 40'$.

No.	Stand der Nadel bei der beobachteten Elongation.					
	A.	*B.*	*C.*	*D.*	*E.*	*F.*
0	1236,2	1235,1	1234,4	1233,8	1233,7	1233,3
1	1195,0	1335,2	1334,9	1334,9	1333,8	1192,2
2	1313,8	1052,7	1052,0	1051,0	1050,1	1310,7
3	1131,1	1488,9	1488,3	1488,0	1487,0	1128,4
4	1367,4	922,8	921,9	920,9	920,1	1364,4
5	1085,6	1596,8	1597,5	1597,1	1595,9	1083,0
6	1405,3	830,4	829,7	828,7	827,9	1402,8
7	1053,2	1674,6	1674,6	1673,8	1672,6	1050,9
8	1432,0	764,9	764,0	762,9	762,0	1429,8
9	1030,8	1728,8	1728,9	1728,0	1726,9	1028,1
10	1450,9	717,9	717,0	715,9	715,2	1448,9
11	1014,7	1767,8	1768,0	1767,0	1766,1	1012,1
12	1464,0	684,3	684,0	683,0	682,1	1462,2
13	1003,1	1795,4	1795,4	1794,6	1793,9	1000,6
14	1473,4	661,0	660,6	659,8	659,0	1471,8
15	996,9	1815,0	1814,9	1814,2	1813,6	993,2
16	1479,8	644,3	644,2	643,0	642,4	1478,2

Zieht man nun den unter No. 0 angegebenen Ruhestand von den beobachteten Elongationen unter No. 1 bis 16 in jeder Beobachtungsreihe ab, so erhält man die entsprechenden Elongationsweiten der Nadel, wie sie in der folgenden Tafel III zusammengestellt sind. Die Vorzeichen, die immer abwechselnd positiv und negativ sind, sind weggelassen worden.

Tafel III.

Göttingen, 1852. Aug. 3 $0^h\ 20' - 1^h\ 40'$.

No.	Elongationsweiten.					
	A.	*B.*	*C.*	*D.*	*E.*	*F.*
1	41,2	100,1	100,5	101,1	100,1	41,1
2	77,6	182,4	182,4	182,8	183,6	77,4
3	105,1	253,8	253,9	254,2	253,3	104,9
4	131,2	312,3	312,5	312,9	313,6	131,1
5	150,6	361,7	363,1	363,3	362,2	150,3
6	169,1	404,7	404,7	405,1	405,8	169,5
7	183,0	439,5	440,2	440,0	438,9	182,4
8	195,8	470,2	470,4	470,9	471,7	196,5

No.	*A.*	*B.*	*C.*	*D.*	*E.*	*F.*
9	205,4	493,7	494,5	494,2	493,2	205,2
10	214,7	517,2	517,4	517,9	518,5	215,6
11	221,5	532,7	533,6	533,2	532,4	221,2
12	227,8	550,8	550,4	550,8	551,6	228,9
13	233,1	560,3	561,0	560,8	560,2	232,7
14	237,2	574,1	573,8	574,0	574,7	238,5
15	239,3	579,9	580,5	580,4	579,9	240,1
16	243,6	590,8	590,2	590,8	591,3	244,9

In jeder von diesen Reihen sieht man die Elongationsweite wachsen, aber nicht gleichförmig, sondern nach dem Gesetze der Dämpfung einem Gränzwerthe sich nähernd, woraus leicht die Stärke der Dämpfung oder das *decrementum logarithmicum* bestimmt werden kann. Bezeichnet man nämlich jenen Gränzwerth mit a und das *decrementum logarithmicum* mit $\log\frac{1}{\theta}$; so wird die Elongationsweite No. $n = x_n$ ausgedrückt durch $a(1-\theta^n) = x_n$, woraus folgt:

$$a = \frac{x_n x_n}{2x_n - x_{2n}}$$

$$\text{decrem. log.} = \log\frac{1}{\theta} = \frac{1}{n}\log\frac{x_n}{x_{2n} - x_n}.$$

Hiernach ergiebt sich das *decrementum logarithmicum* aus den vorliegenden Beobachtungen nahe

$$\log.\frac{1}{\theta} = 0{,}075$$

und näherungsweise der Gränzwerth für die Beobachtungsreihen A, $F = 261{,}7$, für die Beobachtungsreihen B, C, D, $E = 627$.

An obigen Werthen der Elongationsweiten lassen sich nun noch folgende Correctionen anbringen, nämlich:

1) für den Einfluſs, welchen die beim Beginn der Beobachtungen vorhandene Schwingung der Nadel hat.

Bezeichnet man die dem ersten Inductionsstoſse vorausgegangene Elongation der Nadel mit $\pm e$, so ist der zunächst folgenden $\mp e\theta$, der zweiten $\pm e\theta\theta$, der dritten $\mp e\theta^3$ u. s. f. hinzuzufügen. Für obige Beobachtungen, wo $e = 0$ war, fällt diese Correction weg;

2) diejenige Correction, durch welche die beobachteten,

nach katoptrischen Gesetzen den Tangenten der doppelten Ablenkungswinkel proportionalen Elongationsweiten auf solche Werthe reducirt werden, welche dem Sinus des halben Elongationswinkels, d. i. der ablenkenden Kraft, proportional sind. Hierzu mufs am Magnetometer der horizontale Abstand des Spiegels von der Scale in Scalentheilen gegeben seyn, welcher bei unserem Magnetometer

$$r = 3685$$

Scalentheile war. Bezeichnet x die beobachtete Elongationsweite, so ist ihr reducirter Werth

$$= x - \frac{11}{32} \cdot \frac{x^3}{rr}.$$

Nach dieser Reduction giebt jede in den Columnen *B*, *C*, *D*, *E* enthaltene Beobachtung eine Bestimmung der *Tangente der Inclination*, wenn man sie mit dem Mittel aus den beiden unter *A*, *F* enthaltenen Beobachtungen dividirt, wie Tafel IV. zeigt.

Tafel IV.

No.	*B.*	*C.*	*D.*	*E.*
1	67° 40′ 30″	67° 45′ 27″	67° 52′ 37″	67° 40′ 39″
2	66 57 26	66 57 26	67 0 9	67 5 33
3	67 29 37	67 30 2	67 31 28	67 27 9
4	67 10 31	67 11 19	67 12 53	67 15 38
5	67 21 15	67 25 59	67 26 39	67 22 57
6	67 14 13	67 14 13	67 15 26	67 17 33
7	67 20 51	67 22 48	67 22 15	67 19 11
8	67 15 30	67 16 2	67 17 20	67 19 26
9	67 18 59	67 20 58	67 20 14	67 17 44
10	67 17 55	67 18 24	67 19 35	67 21 0
11	67 18 48	67 20 53	67 22 46	67 18 6
12	67 21 28	67 20 34	67 21 28	67 23 15
13	67 17 27	67 19 0	67 18 33	67 17 14
14	67 21 18	67 20 40	67 21 6	67 22 36
15	67 24 15	67 25 31	67 25 19	67 24 15
16	67 23 18	67 22 3	67 23 18	67 24 21

Den genauesten Werth der Tangente der Inclination erhält man aus jeder von den Beobachtungsreihen *B*, *C*, *D*, *E*, wenn man ihre Summe mit dem Mittel aus den Summen der beiden Reihen *A*, *F* dividirt. Zu diesem Zwecke kann

man die oben erwähnten Correctionen, statt an allen einzelnen Beobachtungen auch an ihrer Summe anbringen, nämlich

1) statt $\pm e\theta^n$ jeder einzelnen Beobachtung kann man der Summe aller 16 Beobachtungen $\pm e\,\frac{\theta(1-\theta^{16})}{1-\theta}$ hinzufügen, und

2) statt $\frac{11}{32}\cdot\frac{x^3}{rr}$ von jeder einzelnen Beobachtung x abzuziehen, kann man von ihrer Summe s, wenn

$$p=\frac{16-3\theta\,\frac{1-\theta^{16}}{1-\theta}+3\theta\theta\,\frac{1-\theta^{32}}{1-\theta\theta}-\theta^3\,\frac{1-\theta^{48}}{1-\theta^3}}{\left(16-\theta\,\frac{1-\theta^{16}}{1-\theta}\right)^3}$$

gesetzt wird, $\frac{11}{32}\cdot\frac{ps^3}{rr}$ abziehen, wodurch die Rechnung vereinfacht wird, weil p immer denselben Werth behält. Bezeichnet man die Summen der Reihen A, B, C, D, E, F mit den nämlichen Buchstaben, so erhält man nach Ausführung dieser Correction

$A=2873{,}05$	$B=6881{,}27$
$F=2877{,}15$	$C=6886{,}10$
	$D=6889{,}36$
	$E=6887{,}98$

und hiernach ergeben sich aus den 4 Beobachtungsreihen B, C, D, E folgende 4 Bestimmungen der Inclination I

tang I	I
$\frac{6881{,}27}{2875{,}10}$	67° 19′ 26″
$\frac{6886{,}10}{2875{,}10}$	67° 20′ 18″
$\frac{6889{,}36}{2875{,}10}$	67° 20′ 53″
$\frac{6887{,}98}{2875{,}10}$	67° 20′ 38″

Auf dieselbe Weise sind nun alle in der folgenden Tafel V. enthaltenen, vom 2ten bis 12ten August an 4 verschiedenen Tageszeiten, nämlich um 1^h, 7^h, 13^h, 19^h, gemachten Inclinations-Beobachtungen ausgeführt und berechnet worden,

woran 4 Beobachter, nämlich außer mir Hr. Dr. v. Quintus Icilius, Hr. Eisenlohr und Hr. Hansen, Theil genommen haben, die mit Magnetometern zu beobachten gewohnt waren. Die Uebereinstimmung aller von diesen verschiedenen Beobachtern erhaltenen Resultate beweist, daſs diese Messungen keiner anderen Vorübungen als alle übrigen Beobachtungen mit dem Magnetometer erfordern.

Neben jeder Inclination ist der Unterschied vom Mittel aus allen für die nämliche Tageszeit geltenden Bestimmungen bemerkt worden.

Tabelle V.

Göttingen 1852.	1h		7h		13h		19h	
ug. 2.			67° 22' 36"	+ 4' 35"	67° 24' 6"	+ 3' 14"	67° 13' 24"	− 5' 57"
			18 44	+ 0 43	23 27	+ 2 35	17 28	− 1 53
			20 29	+ 2 28	24 3	+ 3 11	20 28	+ 1 7
			22 51	+ 4 50	23 9	+ 2 17	23 19	+ 3 58
Aug. 3.	67° 19' 26"	− 1' 11"	67 18 5	+ 0 4	67 23 6	+ 2 14	67 24 7	+ 4 46
	20 18	− 0 19	19 20	+ 1 19	22 38	+ 1 46	32 12	+ 3 51
	20 52	+ 0 15	20 24	+ 2 23	20 5	− 0 47	22 53	+ 3 32
	20 38	+ 0 1	20 32	+ 2 31	21 46	+ 0 54	20 42	+ 1 21
Aug. 4.	67 18 17	− 2 20	67 17 35	− 0 26	67 16 9	− 4 43	67 19 44	+ 0 23
	15 14	− 5 23	19 23	+ 1 22	19 35	− 1 17	18 36	− 0 45
	18 14	− 2 23	19 42	+ 1 41	21 52	+ 1 0	18 45	− 0 36
	18 37	− 2 0	20 7	+ 2 6	24 27	+ 3 35	18 16	− 1 5
Aug. 5.	67 19 50	− 0 47	67 16 49	− 1 12	67 20 17	− 0 35	67 18 59	− 0 22
	21 8	+ 0 31	17 5	− 0 56	23 43	+ 2 51	19 11	− 0 10
	22 9	+ 1 32	14 53	− 3 8	19 42	− 1 10	18 55	− 0 26
	21 35	+ 0 58	14 37	− 3 24	21 46	+ 0 54	18 45	− 0 36
Aug 6.	67 21 14	+ 0 37	67 14 46	− 3 15	67 14 30	− 6 22	67 20 58	+ 1 29
	20 47	+ 0 10	12 10	− 5 51	20 0	− 0 52	19 16	− 0 5
	21 6	+ 0 29	15 36	− 2 25	16 21	− 4 31	20 49	+ 1 28
	21 6	+ 0 29	15 44	− 2 17	16 8	− 4 44	20 18	+ 0 57

Aug. 7.	67 22 54	+ 2 17	67 16 47	− 1 14	67 24 30	+ 3 38	67 13 42	− 5 39
	21 32	+ 0 55	17 26	− 0 35	23 0	+ 2 8	15 32	− 3 49
	21 29	+ 0 52	16 25	− 1 36	25 7	+ 4 15	14 42	− 4 39
	22 20	+ 1 43	18 43	+ 0 42	23 27	+ 2 35	17 19	− 2 2
Aug. 8.	67 20 0	− 0 37	67 18 40	+ 0 39	67 16 27	− 4 25	67 21 32	+ 2 11
	21 0	+ 0 23	18 53	+ 0 52	22 33	+ 1 41	24 16	+ 4 55
	19 50	− 0 47	18 45	+ 0 44	16 44	− 4 8	28 18	+ 4 57
	20 42	+ 0 5	18 51	+ 0 50	19 34	− 1 18	22 30	+ 3 9
Aug. 9.	67 19 2	− 1 35	67 19 23	+ 1 22	67 17 49	− 3 3	67 19 6	− 0 15
	19 39	− 0 58	18 27	+ 0 26	20 56	+ 0 4	17 45	− 1 36
	22 46	+ 2 9	18 23	+ 0 22	19 12	− 1 40	16 16	− 3 5
	20 36	− 0 1	18 8	+ 0 7	19 11	− 1 41	16 40	− 2 41
Aug. 10.	67 20 21	− 0 16	67 18 11	+ 0 10	67 22 4	+ 1 12	67 12 4	− 7 17
	19 21	− 1 16	18 34	+ 0 33	22 52	+ 2 0	12 52	− 6 29
	20 41	+ 0 4	18 37	+ 0 36	19 47	− 1 5	16 55	− 2 26
	19 52	− 0 45	19 58	+ 1 57	20 52	0 0	14 22	− 4 59
Aug. 11.	67 17 55	− 2 42	67 16 35	− 1 26	67 20 30	− 0 22	67 24 40	− 0 16
	20 0	− 0 37	17 8	− 0 53	20 7	− 0 45	23 24	+ 0 16
	23 26	+ 2 49	16 18	− 1 43	20 4	− 0 48	23 48	+ 2 28
	22 37	+ 2 0	13 31	− 4 30	19 8	− 1 44	24 45	+ 1 15
Aug. 12.	67 22 13	+ 2 36	67 18 54	+ 0 53	67 20 36	− 0 16		
	23 29	+ 2 52	17 56	− 0 5	21 8	+ 0 16		
	17 39	− 2 58	17 39	− 0 22	23 20	+ 2 28		
	23 46	+ 3 9	19 0	+ 0 59	22 7	+ 1 15		

Es ergeben sich hieraus für die verschiedenen Tageszeiten, an welchen die Beobachtungen gemacht wurden, folgende Mittelwerthe:

1^h	....	67°	20′	37″
7^h	....	67	18	1
13^h	....	67	20	52
19^h	....	67	19	21

und also im Mittel für

1852 Aug. 7 . . 67° 19′ 43″.

Endlich möge das aus obigen Beobachtungen gefundene Resultat mit den Resultaten der vor 10 und vor 46 Jahren von Gaufs und v. Humboldt in Göttingen ausgeführten Inclinationsmessungen verglichen werden, wozu es aber vorher noch einer kleinen Correction bedarf, welche daher rührt, dafs die erdmagnetische Kraft am Orte des Inductors während der Beobachtungen mit einem geringen Lokaleinflusse behaftet war, der von der *Magnetometernadel* ausging. Bei der Beschränktheit des Raumes nämlich, wo die Beobachtungen gemacht wurden, konnte der Multiplicator mit der Magnetometernadel von dem Orte des Inductors nicht so weit entfernt werden, als zur Beseitigung dieses Einflusses nöthig gewesen wäre; es liefsen sich aber alle Elemente zur Ermittelung dieses Einflusses leicht bestimmen, wobei auch die kleine Verrückung des Inductors, wenn seine Drehungsaxe bald horizontal, bald vertical gestellt wurde, berücksichtigt worden ist. Es ergiebt sich daraus, dafs die Inclination ohne diesen Einflufs, statt 67° 19′ 43″, im Jahre

1852 Aug. 7 67° 18′ 38″

gefunden worden seyn würde.

Hiermit können nun die von Gaufs in den »Resultaten a. d. Beob. d. magn. Vereins bestimmten Inclinationen, nämlich

1841 Oct. 8 67° 42′ 43″

1842 Jun. 21 67° 39′ 39″

verglichen werden, woraus sich die mittlere jährliche Abnahme

nahme für den 10jährigen Zeitraum von 1842 bis 1852 ergiebt

$$= 2' \ 9''.$$

Dagegen hatte die schon von Gaufs gegebene Zusammenstellung der von Humboldt und Forbes gemachten Messungen, nämlich:

1805	Dec.	69° 29'	Humboldt
1826	Sept.	68° 29' 26"	
1837	Juli 1	67° 47' 0"	Forbes
»	»	67° 53' 30"	

mit den seinigen die mittlere jährliche Abnahme der Inclination in Göttingen für den 36jährigen Zeitraum von 1806 bis 1842

$$= 3' \ 2'' \ 3$$

ergeben. Die jährliche Abnahme der Inclination in Göttingen ist also, übereinstimmend mit Hansteen's Untersuchungen über die Beobachtungen an anderen europäischen Orten, kleiner geworden. Bezeichnet man mit t die Jahreszahl und mit I die zugehörige Inclination, so kann man

$$I = 67° \ 23' \ 43'' - 122'' \ 29 \ (t - 1850) + 1'' \ 337 \ (t - 1850)^2$$

setzen, woraus sich folgende Vergleichung beobachteter und berechneter Werthe ergiebt:

	Beobachtet.	Berechnet.	Unterschied.
1805 Dec.	69° 29'	69° 36' 43"	— 7' 43"
1826 Sept.	68 29 26"	68 23 17	+ 6' 9"
1837 Juli 1	67 47 0	67 52 41	— 5' 41"
» »	67 53 30	67 52 41	+ 0' 49"
1841 Oct. 8	67 42 43	67 42 0	+ 0' 43"
1842 Juni 21	67 39 39	67 40 18	— 0' 39"
1852 Aug. 7	67 18 38	67 18 34	+ 0' 4"

Es wird hiernach die jährliche Abnahme der Inclination in Göttingen in 22 bis 23 Jahren um 1 Minute kleiner und beträgt etwa im Jahre

1828 . . . 3 Minuten
1850 . . . 2 »
1873 . . . 1 »
1895 . . . 0 »



Es würde hiernach also zu erwarten seyn, dafs die Inclination in Göttingen bis zum Jahre 1895 abnehme, wo sie das Minimum von

66° 37′ 7″

erreiche, und dafs sie von da an wieder zunehmen werde.

Die vorhergehende Untersuchung lehrt:

1) dafs die durch Vermittelung der Induction mit dem Magnetometer gemachten Inclinationsbestimmungen an Präcision auch den durch die sorgfältigsten Beobachtungen mit den besten bisherigen Inclinatorien gewonnenen Resultaten nicht nachstehen;

2) dafs dadurch eine grofse Erleichterung und Vereinfachung für die Ausführung der Messungen gewonnen wird;

3) endlich dafs durch Combination einer gröfseren Anzahl solcher zu allen Tages- und Nachtzeiten anstellbaren Beobachtungen die Bestimmung der Inclination von dem Einflusse der täglichen Variationen unabhängig erhalten werden kann, was für die Erforschung der Säcular-Variationen wichtig ist und mit den bisher gebrauchten Instrumenten nicht erreichbar war.

Es läfst sich hieraus die Anwendung ziehen, dafs den bisherigen Inclinatorien ihre Vorzüge als transportable, und daher auf Reisen besonders brauchbare Instrumente, bleiben werden; dafs aber in festen Observatorien, wo zu allen übrigen Messungen schon Magnetometer benutzt werden, die Vermittelung der Induction zu *magnetometrischen Inclinationsbestimmungen* durch Vereinfachung der Arbeit und Gleichförmigkeit in der Behandlung aller drei Elemente des Erdmagnetismus grofse Vortheile bietet.

II. Ueber die aus der Anwendung der elektromagnetischen und magnetelektrischen Gesetze auf das Inductions-Magnetometer entspringenden Relationen.

Wir fassen von den Gesetzen des *Elektromagnetismus* und der *Magnetelektricität* dasjenige, was zu den folgenden Betrachtungen erforderlich ist, kurz zusammen 1) in dem

Gesetze der *elektromotorischen Kraft* eines Inductionsstofses; 2) in dem Gesetze der Drehungsgeschwindigkeit, welche einer Magnetnadel vom Multiplicator, während der durch einen Inductionsstofs inducirte Strom durchgeht, ertheilt wird.

1. Gesetz der elektromotorischen Kraft eines Inductionsstofses.

Die rechtwinkliche Projection jeder (als kreisförmig angenommenen) Umwindung des Inductors auf eine gegen die Richtung der erdmagnetischen Kraft senkrechte Ebene bildet eine geschlossene Linie und die Summe der von allen diesen Linien umschlossenen Flächenräume werde mit S bezeichnet, wo S in verschiedenen Augenblicken der Zeit t, während welcher der Inductor gedreht wird, verschiedene Werthe besitzt, also eine Function von t ist. Die Werthe von S, welche dem Anfang und Ende eines Inductionsstofses entsprechen, sollen mit S^0 und S' bezeichnet werden Alsdann wird die elektromotorische Kraft, welche von der erdmagnetischen Kraft T am Ende des Zeitraums t auf den gedachten Inductor ausgeübt wird, durch

$$T.\frac{dS}{dt}$$

dargestellt, und hieraus folgt das Gesetz der elektromotorischen Kraft eines ganzen Inductionsstofses E

$$E = T\int\frac{dS}{dt}dt = T(S' - S^0).$$

Bilden nun alle Umwindungen des Inductors parallele Kreise, deren Mittelpunkte in einer auf die Kreisebene senkrechten geraden Linie liegen, welche die *Axe des Inductors* heifst, so leuchtet ein, dafs die von der Projection jeder Umwindung umschlossene Fläche ein Maximum oder Minimum ist, wenn das Perpendikel der Projectionsebene (d. i. die Richtung der erdmagnetischen Kraft) der *Axe des Inductors* parallel ist, und dafs dieser Maximum- oder Minimumwerth $= \pm\pi rr$ ist, wenn r den Halbmesser der Umwindung bezeichnet. Wenn aber die Richtung der erdmagnetischen Kraft mit der Inductoraxe einen Winkel $= \varphi$ bildet, so

ist die von der Projection jeder Umwindung umschlossene Fläche $=\pi rr\cos\varphi$. Bezeichnet man daher die Werthe von φ am Anfang und Ende eines Inductionsstofses mit φ^0 und φ', so erhält man für die elektromotorische Kraft des ganzen Inductionsstofses

$$T(S'-S^0)=\pi T(\cos\varphi'-\cos\varphi^0).\Sigma rr.$$

Nun wird aber die Inductoraxe bei jedem Inductionsstofse um 180° gedreht, woraus sich $\cos\varphi'=-\cos\varphi^0$ ergiebt, folglich

$$T(S'-S^0)=2\pi T\cos\varphi'.\Sigma rr.$$

Zerlegt man die erdmagnetische Kraft T in zwei Theile, nämlich nach der Richtung, welche die Inductoraxe am Ende des Inductionsstofses hat, und nach einer darauf senkrechten Richtung, und bezeichnet diese beiden Theile mit T' und T'', so ist

$$T'=T\cos\varphi'$$
$$T''=T\sin\varphi'$$

folglich

$$T(S'-S^0)=2\pi T'.\Sigma rr,$$

wo T' der *inducirende* Theil der erdmagnetischen Kraft heifsen möge.

Nach dieser Bestimmung der elektromotorischen Kraft eines Inductionsstofses und nach dem Ohm'schen Gesetze läfst sich die Intensität des inducirten Stromes bestimmen; da nämlich die elektromotorische Kaft $=T.\frac{dS}{dt}$ ist, so wird die Stromintensität i, wenn der Widerstand durch W bezeichnet wird, dargestellt durch

$$i=\frac{T}{W}.\frac{dS}{dt}$$

folglich der Integralwerth des von einem Inductionsstofse hervorgebrachten Stroms durch

$$\int i\,dt=\frac{T}{W}.\int\frac{dS}{dt}dt=\frac{T}{W}.(S'-S^0)=\frac{2\pi T'}{W}.\Sigma rr.$$

2) Gesetz der Drehungsgeschwindigkeit,
welche einer Magnetnadel vom Multiplicator ertheilt wird, während der durch einen Inductionsstofs inducirte Strom durch den Multiplicator geht.

Wenn alle Umwindungen des Multiplicators parallele Kreise von einem gegen die Länge der Magnetnadel sehr grofsen Halbmesser $=r'$ bilden, denen die magnetische Axe der Nadel parallel gerichtet ist; so übt jedes Längenelement α einer solchen Umwindung auf die Nadel, deren Mittelpunkt mit dem der Umwindung in einer auf die Ebene der letzteren senkrechten Linie liegt, während der Strom i durchgeht, ein Drehungsmoment aus

$$=i\,\frac{\alpha M \cos\theta^3}{r'r'},$$

wo M das magnetische Moment der Nadel und θ den Winkel bezeichnet, welchen die beiden Richtungen, von α nach den Mittelpunkten der Windung und der Nadel, mit einander bilden. Hieraus folgt das von der ganzen Windung ausgeübte Drehungsmoment

$$=\pi i\,.\,\frac{M\cos\theta^3}{r'}$$

und das vom ganzen Multiplicator

$$=2\pi i\,.\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}.$$

Hiebei ist eine sehr kleine Nadel im Mittelpunkte des Multiplicators vorausgesetzt. Wird eine gröfsere Nadel angewendet, so mufs für den Factor $\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}$ ein complicirterer, von der Vertheilung des Magnetismus in der Nadel abhängiger, Ausdruck substituirt werden. Es ist jedoch nicht nöthig diesen Ausdruck zu entwickeln, weil derselbe bei allen folgenden Anwendungen eliminirt wird.

Dieses Drehungsmoment, mit dem Trägheitsmoment der Nadel k dividirt, giebt die *Beschleunigung der Drehungsgeschwindigkeit.*

$$=\frac{2\pi i}{k}\,.\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}.$$

woraus die vom ganzen Inductionsstofs hervorgebrachte *Aenderung der Drehungsgeschwindigkeit der Nadel*

$$=\frac{2\pi}{k}\cdot\int i\,dt\,.\,\Sigma\frac{M\cos\theta^3}{r'},$$

oder, weil $\int i\,dt=\frac{2\pi T'}{W}\,.\,\Sigma rr$, nach Art. 1,

$$=\frac{4\pi\pi T'}{kW}\,.\,\Sigma rr\,.\,\Sigma\frac{M\cos\theta^3}{r'}.$$

Durch die in diesem und im vorigen Artikel angeführten Gesetze ist die unmittelbare Wirkung eines Inductionsstofses auf den Galvanometerring und die Magnetometernadel bestimmt worden, welche in der Hervorbringung einer bestimmten *Drehungsgeschwindigkeit* besteht. Diese Drehungsgeschwindigkeit kann aber nicht unmittelbar beobachtet und gemessen werden, sondern nur der dadurch hervorgebrachte *Ausschlag* oder die *Elongationsweite*, d. i. der in Folge der ertheilten Drehungsgeschwindigkeit in der halben Schwingungsdauer zurückgelegte Bogen, nämlich bis zu dem Augenblicke, wo jene Drehungsgeschwindigkeit durch die fortwirkende Directionskraft und Dämpfungskraft wieder aufgehoben worden ist. Um also die theoretische Betrachtung beider Instrumente mit den Beobachtungen zu verknüpfen, mufs noch der Zusammenhang zwischen jener dem Ringe oder der Nadel ertheilten Drehungsgeschwindigkeit mit der darauf folgenden Elongationsweite entwickelt werden.

3. Elongationsweite der Magnetometernadel in Folge der in der Ruhelage ihr ertheilten Drehungsgeschwindigkeit.

Wenn eine in einem geschlossenen Multiplicator aufgehangene Magnetnadel schwingt, so werden nach magnetelektrischem Gesetze in dem Multiplicator Ströme inducirt, welche eine der Bewegung in jedem Augenblicke entgegen wirkende Kraft auf die Nadel ausüben. Die allgemeine Gleichung der Schwingungsbewegung hat alsdann folgende Form

$$0=\frac{ddx}{dt^2}+\frac{D}{k}(x-p)+\frac{A}{k}\cdot\frac{dx}{dt},$$

wo x den den Stand der Nadel für die Zeit t bezeichnenden, p den dem Ruhestand entsprechenden Scalentheil bedeuten, D und Δ hingegen die magnetische Directionskraft und jene retardirende Kraft, k endlich das Trägheitsmoment der Nadel. Diese allgemeine Gleichung findet nun auch bei einer solchen Nadel Anwendung, welche sich im Ruhestande befunden hatte und nach Art. 3 durch einen Inductionsstofs die dort bestimmte Drehungsgeschwindigkeit erhalten hat. Das vollständige Integral dieser Gleichung ist

$$x = p + Ae^{-\frac{1}{2}\frac{\Delta}{k}t}.\sin\sqrt{\left(\frac{D}{k} - \frac{1}{4}\frac{\Delta\Delta}{kk}\right)}(t-B),$$

wo e die Basis der natürlichen Logarithmen, A und B die beiden durch die Integration eingeführten arbiträren Constanten bedeuten. Die Nadel macht also periodische Oscillationen um den Punkt p, wobei aber die Elongationsweite in geometrischer Progression abnimmt. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Argument der periodischen Function fortschreitet, ist $= \sqrt{\left(\frac{D}{k} - \frac{1}{4}\frac{\Delta\Delta}{kk}\right)}$, folglich die Zeit, in welcher es um π fortschreitet, d. i. die Schwingungsdauer τ,

$$\tau = \frac{\pi}{\sqrt{\left(\frac{D}{k} - \frac{1}{4}\frac{\Delta\Delta}{kk}\right)}}.$$

Substituirt man diesen Werth und bezeichnet die der Schwingungsdauer entsprechende Abnahme des Exponenten der geometrischen Progression $= \frac{1}{2}\frac{D}{k}\tau$ mit λ, so ist

$$x = p + Ae^{-\frac{\lambda}{\tau}t}.\sin\frac{\pi}{\tau}(t-B)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{\tau}Ae^{-\frac{\lambda}{\tau}t}.\cos\frac{\pi}{\tau}(t-B) - \frac{\lambda}{\tau}Ae^{-\frac{\lambda}{\tau}t}.\sin\frac{\pi}{\tau}(t-B).$$

Der Augenblick, wo $x = p$ ist, d. i. wo der Stand der schwingenden Nadel mit dem Ruhestande zusammen fällt, wird durch $\sin\frac{\pi}{\tau}(t-B) = 0$ oder $\cos\frac{\pi}{\tau}(t-B) = \pm 1$ be-

stimmt, woraus folgt, dafs die Drehungsgeschwindigkeit $\frac{dx}{dt}$ der Nadel in diesem Augenblicke, wenn n die ganze Zahl der verflossenen Schwingungen bedeutet,

$$=\pm\frac{\pi}{\tau}Ae^{-\frac{\lambda}{\tau}(n\tau+B)}$$

ist. Wenn also der Nadel in einem Augenblicke, wo sie beim Stande $x=p$ in Ruhe war, durch einen Inductionsstofs die Art. 2 bestimmte Drehungsgeschwindigkeit ertheilt worden ist, so ist für die von diesem Augenblicke an beginnende Schwingungsbewegung

$$\frac{\pi}{\tau}Ae^{-\frac{\lambda}{\tau}B}=\frac{4\pi\tau T'}{kW}\,.\,\Sigma rr\,.\,\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}$$

also

$$x=p+\frac{4\pi\tau T'}{kW}\,.\,\Sigma rr\,.\,\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}\,.\,e^{-\frac{\lambda}{\tau}(t-B)}\,.\,\sin\frac{\pi}{\tau}(t-B).$$

Die gröfste Abweichung der Nadel von dem Ruhestande p, d. i. die gesuchte *Elongationsweite*, findet dann in demjenigen Augenblicke statt, für welchen $t-B$ den kleinsten positiven Werth hat, bei welchem

$$e^{-\frac{\lambda}{\tau}(t-B)}\,.\,\sin\frac{\pi}{\tau}(t-B)=\text{Maximum}$$

ist, nämlich $t-B=\frac{\tau}{\pi}$ arc tang $\frac{\pi}{\lambda}$; in diesem Augenblicke ist aber die *Elongationsweite*

$$=\frac{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi}\text{arc tang}\frac{\pi}{\lambda}}}{\sqrt{(\pi\pi+\lambda\lambda)}}\,.\,\frac{\tau T'}{kW}\,.\,\Sigma rr\,.\,\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}.$$

4. Logarithmisches Decrement der schwingenden Magnetometernadel.

Die Art. 3 betrachtete *Elongationsweite* der Magnetometernadel in Folge der durch einen Inductionsstofs in der Ruhelage ihr ertheilten Drehungsgeschwindigkeit ist aber

nicht die einzige Gröfse, welche aus den am *Inductions-Magnetometer* gemachten Beobachtungen bestimmt werden kann, sondern es kann aus den nämlichen Beobachtungen zugleich auch eine genaue Bestimmung des *logarithmischen Decrements* für die Abnahme der Schwingungsbögen der schwingenden Magnetometernadel, oder eine Bestimmung der in jedem Augenblicke der Bewegung der Nadel entgegenwirkenden Dämpfungskraft, gewonnen werden, wie am Schlusse des ersten Abschnitts an den daselbst mitgetheilten Beobachtungen gezeigt worden ist. Diese Dämpfungskraft rührt aber von dem galvanischen Strome her, welcher in jedem Augenblicke von der schwingenden Nadel nach *magnetelektrischem* Gesetze im geschlossenen Multiplicator inducirt wird, indem dieser Strom auf die Nadel nach *elektromagnetischem* Gesetze zurückwirkt. Um also die theoretische Betrachtung des Inductions-Magnetometers auch mit diesem Beobachtungs-Resultate zu verknüpfen, mufs noch die Formel für das logarithmische Decrement der schwingenden Magnetometernadel aus dem eben erwähnten magnetelektrischen und elektromagnetischen Gesetze abgeleitet werden.

Bezeichnet nun γ die Drehungsgeschwindigkeit der Nadel in irgend einem Augenblicke und haben M, r' und θ die Art. 2 ihnen gegebene Bedeutung, so wird die *elektromotorische Kraft*, welche die schwingende Nadel in diesem Augenblicke auf den Multiplicator ausübt, auf ähnliche Weise aus dem *magnetelektrischen* Gesetze bestimmt, wie die elektromotorische Kraft, welche der Erdmagnetismus auf den in Drehung gesetzten Inductor ausübt, Art. 1 erhalten worden war, und wird daraus gefunden

$$=-2\pi\gamma\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}.$$

Dividirt man diesen Ausdruck der elektromotorischen Kraft mit dem Widerstande W, so erhält man nach dem Ohm'schen Gesetze den Ausdruck der Intensität i des von der Nadel in diesem Augenblicke inducirten Stroms

$$i=\frac{2\pi\gamma}{W}\cdot\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}.$$

Dieser Strom übt nun rückwärts auf die schwingende Nadel wieder ein Drehungsmoment aus, welches schon Art. 2 aus dem *elektromagnetischen* Gesetze abgeleitet worden ist, nämlich

$$=2\pi i \, . \sum \frac{M \cos \theta^3}{r'},$$

oder, wenn man für i seinen Werth setzt,

$$= -4\pi\pi \frac{\gamma}{W} \, . \left(\sum \frac{M \cos \theta^3}{r'}\right)^2.$$

Der Werth dieses Moments für $\gamma = -1$ ist aber die Art. 3 mit Δ bezeichnete retardirende Kraft, wo

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta}{k} \tau = \lambda$$

war, und wenn m den Modulus des Logarithmensystems bezeichnet, $m\lambda$ das logarithmische Decrement der schwingenden Magnetometernadel bedeutet, welches hierdurch bestimmt ist.

5. Bestimmung der Inclination aus beobachteten Elongationsweiten des Inductions-Magnetometers.

Stellt man *zuerst* die Drehungsaxe des Inductors so ein, dafs die Drehung in verticalem Kreise geschieht, und ist die auf die Richtung der Drehungsaxe stets perpendiculäre Axe des Inductors am Anfang und Ende jedes Inductionsstofses vertical gerichtet; so bedeutet T' Art. 3 die *verticale* Componente der erdmagnetischen Kraft, welche mit T_v bezeichnet werden soll, also $T' = T_v$. Bezeichnet nun ferner α die alsdann nach dem ersten Inductionsstofse beobachtete Elongationsweite, so ist nach Art. 3

$$\alpha = \frac{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi} \operatorname{arc\,tang} \frac{\pi}{\lambda}}}{\sqrt{(\pi\pi + \lambda\lambda)}} \, . \frac{\tau}{kW} \, . \Sigma rr \, . \sum \frac{M \cos \theta^3}{r'} \, . T_v .$$

Stellt man *sodann* die Drehungsaxe des Inductors so ein, dafs die Drehung in horizontalem Kreise geschieht, und ist die auf der Richtung der Drehungsaxe stets perpendiculäre Axe des Inductors am Anfang und Ende jedes In-

ductionsstofses horizontal und dem magnetischen Meridiane parallel gerichtet; so bedeutet T' Art. 3 die *horizontale* Componente der erdmagnetischen Kraft, welche mit T_h bezeichnet wird, also $T' = T_h$. Bezeichnet nun ferner β die alsdann nach dem ersten Inductionsstofse beobachtete Elongationsweite, so ist nach Art. 3

$$\beta = \frac{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi}\text{ arc tang }\frac{\pi}{\lambda}}}{\sqrt{(\pi\pi+\lambda\lambda)}} \cdot \frac{\tau}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_h.$$

Hieraus folgt $\alpha : \beta = T_v : T_h$, oder

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{T_v}{T_h} = \text{tang } I,$$

wo I die Inclination bedeutet, welche auf diese Weise aus zwei Elongationsbeobachtungen bestimmt wird, ohne besondere Erforschung der Verhältnisse, von welchen die Gröfse jede der beiden beobachteten Elongationen abhängt.

Wenn die durch den *ersten* Inductionsstofs in Schwingung gesetzte Nadel nach ihrer ersten Elongation α oder β auf ihrem Rückwege die Ruhelage wieder passirt, so erfolgt der *zweite* Inductionsstofs, welcher der Nadel eine entgegengesetzt gleiche Drehungsgeschwindigkeit ertheilt, wie der erste, also nach Art. 2

$$\text{für } T' = T_v \ldots - \frac{4\pi\pi}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_v$$

$$\text{für } T' = T_h \ldots - \frac{4\pi\pi}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_h.$$

Fügt man hiezu die in Folge des ersten Inductionsstofses in diesem Augenblicke noch vorhandene Drehungsgeschwindigkeit hinzu, nämlich

$$\text{im ersten Falle} \ldots - \frac{4\pi\pi e^{-\lambda}}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_v$$

$$\text{im zweiten Falle} \ldots - \frac{4\pi\pi e^{-\lambda}}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_h$$

so kann man nach Art. 3 aus dieser neuen Drehungsge-

schwindigkeit die auf den *zweiten* Inductionsstofs folgende Elongationsweite α' oder β' ableiten, nämlich

$$\alpha' = -\alpha(1 + e^{-\lambda})$$
$$\beta' = -\beta(1 + e^{-\lambda})$$

u. s. f. und kann die beobachteten Werthe aller dieser Elongationsweiten $\alpha, \alpha', \alpha'' \ldots \beta, \beta', \beta'' \ldots$ combiniren, um aus allen zusammen die gesuchte Inclination mit gröfserer Präcision zu bestimmen. Man erhält nämlich alsdann

$$\frac{\alpha - \alpha' + \alpha'' \ldots}{\beta - \beta' + \beta'' \ldots} = \frac{T_v}{T_h} = \tang I.$$

Nach dieser Formel ist die Inclination im ersten Abschnitte aus den daselbst mitgetheilten Beobachtungen der den 16 ersten Inductionsstöfsen entsprechenden Elongationsweiten berechnet worden.

6. Magnetische und galvanische Messungen mit dem Inductions-Magnetometer nach absoluten Maafsen.

Die Tangente der Inclination ist darum einer so einfachen Bestimmung aus den Beobachtungen am Inductions-Magnetometer fähig, wie voriger Artikel zeigt, weil sie auf blofser relativer Messung beruht, nämlich auf blofser Vergleichung zweier Elongationen, wobei es gleichgültig ist, nach welchem Maafse diese Elongationen gemessen werden. Diese Einfachheit findet bei andern *magnetischen* oder *galvanischen* Anwendungen jener Beobachtungen, wo eine Messung nach einem bestimmten absoluten Maafse gefordert wird, nicht statt. So wie z. B. die *horizontale* Componente der erdmagnetischen Kraft nach dem von Gaufs festgestellten absoluten Maafse mit dem Unifilar-Magnetometer gemessen werden kann; so könnte auch die *verticale* Componente nach demselben Maafse mit dem Inductions-Magnetometer unmittelbar gemessen werden, statt sie gewöhnlich mittelbar aus der horizontalen Componente und aus der Inclination berechnet zu werden pflegt, und es würde dazu die im vorigen Artikel angeführte Gleichung für die Elongationsweite α gegeben seyn, nämlich

$$\alpha = \frac{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi}\,\text{arc tang}\,\frac{\pi}{\lambda}}}{\sqrt{(\pi\pi+\lambda\lambda)}} \cdot \frac{\tau}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos}{r'} \cdot T_v$$

aus welcher die verticale Componente der erdmagnetischen Kraft

$$T_v = \frac{\sqrt{(\pi\pi+\lambda\lambda)}}{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi}\,\text{arc tang}\,\frac{\pi}{\lambda}}} \cdot \frac{kW\alpha}{\tau \cdot \Sigma rr \cdot \sum \frac{M\cos\theta^3}{r'}}$$

folgt, welche dadurch nach absolutem Maafse bestimmt wird, wenn alle übrigen Gröfsen nach absoluten Maafsen bekannt sind. Es würde dazu aber einer vollständigen Kenntnifs der Elemente des gebrauchten Inductions-Magnetometers, nämlich für den Inductor des Werths der Summe Σrr, für die Magnetometernadel des Trägheitsmoments k, für Inductor und Multiplicator des Widerstandes W, für Magnetometernadel und Multiplicator der Summe $\sum \frac{M\cos\theta^3}{r'}$ bedürfen; ferner müfste aus den Beobachtungen am *Inductions*-Magnetometer selbst aufser der Elongationsweite α und der vom logarithmischen Decrement abhängigen Gröfse λ die Schwingungsdauer τ bestimmt werden; endlich würde noch zu prüfen seyn, ob jene Elemente des Instruments als constant betrachtet werden dürften, und wenn diefs nicht der Fall wäre, würde ihre Variabilität und die zu deren Berücksichtigung nothwendigen Hülfsbeobachtungen näher zu bestimmen seyn. Für die *magnetischen* Anwendungen des Inductions Magnetometers ist es daher sehr wichtig, dafs *eine* Messung nach absolutem Maafse, nämlich die der *horizontalen* Componente der erdmagnetischen Kraft mit dem Unifilar-Magnetometer, schon gegeben ist, und dafs es daher nur relativer Messungen oder Vergleichungen bedarf, um auch die *verticale* Componente auf dasselbe Maafs zurückzuführen.

Anders verhält es sich dagegen mit den *galvanischen* Anwendungen des Inductions-Magnetometers, für die wenigstens *eine* Messung nach absolutem Maafse vollständig aus-

zuführen nothwendig ist, z. B. die Messung des Widerstands W, wozu die im vorigen Artikel angeführte Gleichung für die *Elongationsweite* β gegeben ist, nämlich

$$\beta = \frac{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi}\,\text{arc tang}\,\frac{\pi}{\lambda}}}{\sqrt{(\pi\pi+\lambda\lambda)}} \cdot \frac{\tau}{kW} \cdot \Sigma rr \cdot \sum\frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_A,$$

aus welcher der gesuchte Widerstand

$$W = \frac{4\pi\pi e^{-\frac{\lambda}{\pi}\,\text{arc tang}\,\frac{\pi}{\lambda}}}{\sqrt{(\pi\pi+\lambda\lambda)}} \cdot \frac{\tau}{k\beta} \cdot \Sigma rr \cdot \sum\frac{M\cos\theta^3}{r'} \cdot T_A$$

sich ergiebt. Es wird aber diese Messung wesentlich vereinfacht, wenn die Art. 4 angeführte Gleichung für das *logarithmische Decrement* noch zu Hülfe genommen wird, wenn man beachtet, dafs das logarithmische Decrement mit gleicher Präcision aus den nämlichen Beobachtungen wie die Elongationsweite resultirt, nämlich die Gleichung

$$\lambda = 2\pi\pi \cdot \frac{\tau}{kW} \cdot \left(\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}\right)^2.$$

Aus der Verbindung dieser beiden Gleichungen ergiebt sich die dritte Gleichung

$$\frac{\beta\beta}{\lambda} = \frac{8\pi\pi e^{-\frac{2\lambda}{\pi}\,\text{arc tang}\,\frac{\pi}{\lambda}}}{\pi\pi+\lambda\lambda} \cdot \frac{\tau}{kW} \cdot (\Sigma rr)^2 \cdot T_A T_A$$

oder der gesuchte Widerstand

$$W = \frac{8\pi\pi e^{-\frac{2\lambda}{\pi}\,\text{arc tang}\,\frac{\pi}{\lambda}}}{\pi\pi+\lambda\lambda} \cdot \lambda\tau \cdot (\Sigma rr)^2 \cdot T_A T_A$$

wo die Gröfse $\sum\frac{M\cos\theta^3}{r'}$ eliminirt ist, deren Bestimmung nach absolutem Maafse die meisten Schwierigkeiten finden würde. Die Messung des Widerstands W ist hiedurch von der Messung folgender Gröfsen abhängig gemacht

$$\beta,\ \lambda,\ \tau,\ k,\ \Sigma rr,\ T_A.$$

Hievon werden aufser β und λ auch die Schwingungsdauer τ aus unmittelbaren Beobachtungen gefunden, ferner das Träg-

heitsmoment k nach der von **Gaufs** in der »Intensitas« gegebenen Vorschrift, Σrr nach unmittelbarer Zählung und Abmessung der Windungen des Inductors, und endlich ist die horizontale Componente der erdmagnetischen Kraft T_1 aus der mit dem Unifilar-Magnetometer ausgeführten Messung bekannt.

Durch diese *galvanische* Anwendung gewinnt das Inductions-Magnetometer für die Lehre vom *Galvanismus* eine eben so grofse Wichtigkeit, wie das Unifilar-Magnetometer für die Lehre vom *Magnetismus* durch seine Anwendung auf die magnetische Intensitätsmessung nach absolutem Maafse. Ist nämlich der *Widerstand* nach absolutem Maafse gemessen, so bedarf es zu den übrigen galvanischen Messungen nur relativer Bestimmungen, um sie ebenfalls auf absolutes Maafs zurückzuführen. Dazu kommt, dafs alle oben angeführten Messungen, aus denen das absolute Maafs des Widerstands resultirt, sich mit gleicher Einfachheit und Präcision ausführen lassen, wie die Messungen mit dem Unifilar-Magnetometer, aus welchen das absolute Maafs des Erdmagnetismus resultirt.

Als Beispiel einer solchen mit dem Inductions-Magnetometer ausgeführten Widerstandsmessung kann die erste in dieser Abhandlung S. 216 Taf. I. mitgetheilte Beobachtungsreihe dienen. Die Summe der 16 ersten Elongationsweiten ist daraus S. 220.

$$s = 2873{,}05$$

gefunden worden; und das logarithmische Decrement ergiebt sich

$$= \log \frac{1}{\theta} = 0{,}07625.$$

Hieraus folgt die erste Elongation

$$x_1 = \frac{(1-\theta)^2 \cdot s}{16 - 17\theta + \theta^{17}} = 41{,}66$$

$$\beta = \frac{x_1}{2r} = \frac{41{,}66}{7370}$$

$$\lambda = \frac{1}{m} \log \frac{1}{\theta} = 0{,}17557,$$

wo m den Modulus des Briggischen Logarithmensystems

bedeutet. Dieser Werth von λ besteht aber aus zwei Theilen, wovon der eine *durch Schliefsung der Kette* hervorgebracht wurde, der andere auch bei *ungeschlossener Kette* vorhanden war. Der letztere Theil wurde auf bekannte Weise aus Beobachtungen über die Abnahme der Schwingungsbögen bei geöffneter Kette genau bestimmt und $= 0{,}00557$ gefunden. Der andere Theil möge mit λ' bezeichnet werden, wo dann

$$\lambda' = 0{,}17000.$$

Hiernach ist zu setzen

$$W = \frac{8\pi\pi}{\pi\pi + \lambda\lambda} \cdot e^{-\frac{2\lambda}{\pi} \operatorname{arc\,tang} \frac{\pi}{\lambda}} \cdot \frac{\lambda'\tau}{k\beta\beta} (\Sigma rr)^2 \,.\, T_h T_h.$$

Aus der Zählung und Abmessung der Umwindungen des Inductors hat sich ergeben

$$\pi \,.\, \Sigma rr = 39216930 \text{ Quadratmillimeter.}$$

Ferner war die Schwingungsdauer der Magnetometernadel, welche an einem Drahte aufgehängt, dessen Torsionskraft θ zur magnetischen Directionskraft MT_h sich wie $1:88{,}64$ verhielt, unter dem Einflufs der Dämpfung

$$\tau = 17'',9775.$$

Der horizontale Theil der erdmagnetischen Kraft war

$$T_h = 1{,}803.$$

Endlich wurde zur Bestimmung des Trägheitsmoments die Magnetometernadel mit zwei cylindrischen Gewichten, deren Masse 200276 Milligramm betrug und deren Durchmesser 18 Millimeter war, belastet; der Abstand der beiden Cylinderaxen von der Drehungsaxe der Magnetometernadel war $= 177{,}7$ Millimeter. Das Trägheitsmoment der Magnetometernadel wurde hierdurch um

$$a = 6332284000$$

vergröfsert und die Schwingungsdauer

$$\tau' = 26'',13493$$

gefunden, während sie ohne Belastung

$$\tau'' = 18'',05034$$

war. Hieraus ergiebt sich das Trägheitsmoment

$$k = \frac{a\tau''\tau''}{\tau'\tau' - \tau''\tau''} = 5944882000.$$

Mit diesen Werthen findet man endlich

$$W = \frac{8\pi\pi}{\pi\pi+\lambda\lambda} \cdot e^{-\frac{2\lambda}{\pi} \operatorname{arc\,tang} \frac{\pi}{\lambda}} \cdot \frac{\lambda\tau}{k\beta\beta} \cdot (\Sigma rr)^2 \cdot T_h T_h = 54876000000,$$

welches der Widerstand eines Kupferdrahts, dessen Länge $L = 1057224$ Millimeter und dessen Masse $P = 40735500$ Milligramm war, nach absolutem Maafse ausgedrückt ist. Von den nämlichen Kupfer würde ein Draht von 1 Millimeter Länge und 1 Milligramm Masse, nach den Ohm'schen Gesetzen, den Widerstand

$$= 1999900$$

besitzen, welcher der *specifische* Widerstand dieses Kupfers genannt wird. Das specifische Gewicht dieses Kupfers war bei 0° gegen Wasser bei 4°,1 = 8,796.

Es ist schon bekannt, dafs sehr beträchtliche Verschiedenheiten im specifischen Widerstande des Kupfers vorkommen; dennoch ist es interessant, die hier erhaltene Bestimmung mit denjenigen zu vergleichen, welche ich im 82sten Bande von Poggendorff's Annalen S. 363 zusammengestellt habe. Ich bezeichne die früher von mir gebrauchte Kupfersorte (»Abhandlungen über Elektrodynamische Maafsbestimmungen« Leipzig 1852 II.) mit *A*, die jetzige mit *B*, die von Jacobi zu seinem Widerstands-Etalon und die von Kirchhoff zur Bestimmung der Inductions-Constante gebrauchte mit *I* und *K*; endlich mit *G* galvanoplastisch niedergeschlagenes Kupfer.

Kupfersorte.	Spec. Gewicht.	Spec. Widerstand.
G	8,878	1684000
A	. . .	1865600
K	. . .	1916000
B	8,796	1999900
I	8,427	2310000.

III. Beschreibung des Inductions-Magnetometers.

Die im ersten Abschnitte beschriebenen Beobachtungen sind mit einem Instrumente gemacht worden, welches auf

der Tafel II. Fig. 1 bis 5 in verkleinertem Maafsstabe abgebildet ist.

Fig. I, A stellt den Inductor im Querschnitte dar. Der Umfang der Cylinderfläche, auf welche der Draht aufgewickelt ist, deren Durchmesser $aa = a'a'$ ist, betrug 718,3 Millimeter, und die Breite $aa' = 120{,}05$ Millimeter. Hierauf war ein mit Baumwolle umsponnener und mit Guttapercha überzogener Kupferdraht gewunden, von 542296 Millimeter Länge und 22435 Gramm Gewicht, wovon das Gewicht der Wolle und der Guttapercha nahe 2615 Gramm betrug; das Gewicht des Kupfers also 19820 Gramm. Ein 1 Millimeter langes Stück des Drahtes wiegt hiernach 36,55 Milligramm. Das specifische Gewicht des Kupfers (bei 0° Temp.) gegen Wasser (bei 4°,1 Temp.) war 8,8178, der Querschnitt des Drahts folglich im Mittel $= 4{,}145$ Quadratmillimeter. Dieser Draht bildete 605 Umwindungen in 18 Schichten über einander. Der Umfang einer die letzte Schicht umschliefsenden Cylinderfläche war $= 1078{,}6$ Millimeter. Die Summe endlich der von den Projectionen aller dieser Windungen auf die Basis des Cylinders umschlossenen Kreisflächen war 39216930 Quadratmillimeter grofs.

Diese Rolle war von einem starken hölzernen Rahmen *bbbb* fest umschlossen, an dessen Ende eine hölzerne Rolle *c* mit zwei kreisförmigen Rinnen sich befand, in welchen die beiden Verbindungsdrähte des Inductors mit dem Multiplicator lagen. An diesem Rahmen waren zwei starke Messingzapfen *d*, *d'* angebracht. Die beiden Zapfen waren genau cylindrisch und von gleichem Durchmesser und lagen auf *Y*-förmigen Pfannen *e*, *e'*, welche an den Balken des Gestells *B*, *B'* befestigt waren. Fig. 1 zeigt die Inductorrolle in der Stellung, wo sie um eine horizontale Axe gedreht werden kann. Zur Prüfung der Horizontalität der Drehungsaxe wurde eine Libelle *C* gebraucht, deren Fassung mit zwei *Y*-förmigen Füfsen versehen war, mit welchen sie auf die beiden Zapfen, welche die Drehungsaxe bildeten, aufgestellt werden konnte, wie es bei der Nivellirung eines Theodoliths geschieht. Am Ende des Zapfens *d'* befindet

sich eine Messingkugel mit einer bei Abdrehung des Zapfens zugleich eingedrehten konischen Vertiefung bei *f*. Diese Kugel dient dazu, die Umstellung der Inductorrolle, durch welche ihre Drehungsaxe aus der horizontalen in die verticale Lage gebracht wird, bequem auszuführen. Wird nämlich die Libelle *C* abgenommen, so kann die Inductorrolle *A* beim Zapfen *d* gehoben werden, und es senkt sich alsdann die Kugel am Zapfen *d'* in eine kugelförmige Pfanne, welche bei *g* im Balken *B'* angebracht ist. Ist die Drehungsaxe auf diese Weise in die verticale Stellung gebracht worden, wobei die Inductorrolle die in der Figur mit punktirten Linien angedeutete Stellung erhält, so legt sich der gehobene Zapfen *d* in eine *Y*-förmige Pfanne *h*, welche am Balken des Gestells *D* angebracht ist, und wird durch den Druck einer Feder, welcher durch eine Schraube regulirt wird, darin festgehalten. In dieser Lage greift nun eine Schraubenspitze in die konische Vertiefung der Kugel am Zapfen *d'* ein, womit die Inductorrolle gehoben wird, so dafs sie frei auf dieser Spitze zu stehen kommt. Es ist nämlich der Balken *B'* vertical durchbohrt und der Kopf der Schraube befindet sich bei *k* unter dem Balken, wo die Schraube gedreht werden kann. Darauf wird auf den Zapfen *d* der Libellen-Träger *ll* gestellt, auf welchen die Libelle gestellt werden kann, um die Verticalität der Drehungsaxe zu prüfen.

Fig. 2 stellt die Inductorrolle in horizontaler Lage von oben gesehen dar. Die Inductoraxe (siehe S. 214) steht auf der Ebene der Figur senkrecht. Senkrecht gegen den Rahmen, an welchem die Zapfen *d*, *d'* sich befinden, ist ein zweiter Rahmen *mm* um die Inductorrolle gelegt, welcher bei *n*, *n* zwei starke Messingstifte trägt, welche bei der Drehung der Inductorrolle auf feste an den Balken des Gestells angebrachte Schrauben schlagen, und dadurch die Inductoraxe am Ende jedes Inductionsstofses in verticaler Lage festhalten. Der eine dieser beiden Stifte, welcher sich bei dieser Drehung im oberen Halbkreise bewegt, schlägt an diese Schrauben von oben an, der andere, wel-

cher sich im unteren Halbkreise bewegt, von unten. Diese Schrauben können in verticaler Richtung etwas verstellt und nach berichtigter Stellung fest geklemmt werden. Die richtige Stellung dieser Schrauben wird dadurch gefunden, dafs man einen solchen Bogen sucht, um welchen die Inductorrolle gedreht werden mufs, damit die dadurch inducirten Ströme sich aufheben. Die Stellung der Inductorrolle, welche der Mitte dieses Bogens entspricht, ist die Stellung, bei welcher die Messingstifte an ihre Unterlage schlagen sollen. Die beiden Enden des Inductordrahts sind von der Inductorrolle zu den Klemmen p, p geführt und daselbst befestigt. Von diesen Klemmen gehen die Verbindungsdrähte über die Rolle c zu dem Multiplicator.

Fig. 3 stellt die Multiplicatorrolle nebst Magnetnadel im Querschnitt dar. Der Umfang der Cylinderfläche, auf welche der Draht gewickelt ist, deren Durchmesser $aa = a'a'$ ist, betrug 1027,4 Millimeter, und die Breite $aa' =$ 225,6 Millimeter. Hierauf waren neben einander zwei mit Baumwolle umsponnene und mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte, jeder von 992656 Millimeter Länge und beide zusammen von 80642 Gramm Gewicht gewunden, wovon das Gewicht der Wolle und der Guttapercha nahe 9363 Gramm betrug; das Gewicht des Kupfers also 71279 Gramm. Ein 1 Millimeter langes Stück jedes Drahts wog also etwa 35,9 Milligramm. Das specifische Gewicht des Kupfers (bei 0° Temp.) gegen Wasser (bei 4°,1 Temp.) war 8,7908, wonach der Querschnitt beider Drähte zusammengenommen $= 8,1682$ Quadratmillimeter war. Jeder von diesen beiden Drähten bildete 779 Umwindungen in 25 Schichten übereinander. Der Umfang einer die letzte Schicht umschliefsenden Cylinderfläche war $= 1523,4$ Millimeter. Setzt man

$$1027,4 = 2\pi a'$$
$$1523,4 = 2\pi a''$$
$$225,6 = 2b'',$$

so findet man

$$\frac{1}{a''-a}\log \text{nat}\,\frac{a''+\sqrt{(a''a''+b'b')}}{a'+\sqrt{(a'a'+b'b')}} = \frac{1}{230,8},$$

wo man den Nenner = 230,8 Millimeter den mittleren Halbmesser der Multiplicatorwindungen nennen kann (siehe »Abhandlungen über elektrodynamische Maafsbestimmungen« (Leipzig 1852) II. Art. 16 und Beilage *D*).

In der Mitte dieses Multiplicators hängt die Magnetnadel *NS* an einem prismatischen Stifte, welcher durch das Querstäbchen *bb* geschoben und darin festgeschraubt wird. Von den Enden dieses Querstäbchens, welche auf beiden Seiten der Multiplicatorrolle hervorragen, gehen zwei dünne Verbindungsstäbchen in die Höhe zu dem über dem Multiplicator an einem feinen Drahte hängenden Querstäbchen, an welchem Spiegel und Torsionskreis angebracht sind. Der vom Multiplicator umschlossene Raum, in welchem die Nadel schwebt, wird endlich von beiden Seiten mit Deckeln *cccc* verschlossen.

Fig. 4 stellt einen verticalen Durchschnitt des Galvanometers in der Richtung des magnetischen Meridians dar. Ueber dem Multiplicator schwebt das Querstäbchen *d*, welches, wie das durch den Multiplicator gehende Querstäbchen *b*, senkrecht gegen die Ebene der Figur gerichtet ist. Beide sind durch dünne verticale Stäbchen an ihren Enden vor und hinter dem Multiplicator verbunden. Mit dem Stäbchen *d* ist der Spiegel *e* durch einen *Y*-förmigen Haken verbunden, und über dem Spiegel, ebenso verbunden, befindet sich der an einem dünnen Drahte aufgehangene Torsionskreis *f*. Der Raum, in welchem *d*, *e*, *f* sich befinden, ist mit einem Gehäuse umgeben, welches nach vorn und hinten über den Multiplicator hervorragt und auf beiden Seiten bis zu den Deckeln *cccc* Fig. 3 herabreicht, wodurch dieser mit dem vom Multiplicator umschlossenen zusammenhängende Raum bis auf die kleine Oeffnung, durch welche der dünne Draht geht, ganz verschlossen wird. In diesem Gehäuse ist in der vor dem Spiegel liegenden Wand ein paralleles Planglas zur Beobachtung des Scalenbilds im Spiegel mit dem Fernrohr eingesetzt. Der Multiplicatorrahmen endlich hat eine 6eckige Gestalt und steht mit der

nach unten gekehrten Seite dieses Sechsecks auf einem steinernen Postamente *A*.

Fig. 5 stellt endlich Inductor, Galvanometer, nebst Fernrohr und Scale in ihrer gegenseitigen Lage im Grundrifs dar. *A* bezeichnet das Fernrohr nebst Scale, *B* das Galvanometer, *C* den Inductor, welcher auf drei Schraubenfüfsen *a*, *b*, *c* steht, die zur Berichtigung der beiden Stellungen der Drehungsaxe der Inductorrolle, nämlich der verticalen und der horizontalen, gebraucht werden.

Es würde endlich noch übrig bleiben, die Einrichtung zu beschreiben, welche getroffen war, damit der Beobachter am Fernrohr selbst während der Beobachtung die Drehung der Inductorrolle mit dem Fufse machen kann, sowohl die Drehung um die verticale als auch um die horizontale Axe; ferner die Einrichtung, welche getroffen war, dafs die beiden Verbindungsdrähte zwischen Inductor und Multiplicator am Fernrohrstative unmittelbar vor dem Beobachter vorbeigingen, wo dann mit Hülfe einer Klemme diese beiden Verbindungsdrähte nach Belieben bald isolirt bald verbunden werden konnten zu dem S. 215 angeführten Gebrauche. Da aber diese Einrichtungen nach Bequemlichkeit des Orts und Gewohnheit des Beobachters mannigfaltig abgeändert werden können, so scheint eine specielle Beschreibung derselben nicht nöthig zu seyn.

Statt dessen möge am Schlusse hier noch bemerkt werden, dafs zu dem Zwecke der Inclinationsmessungen keinesweges ein Galvanometer mit so grofsem Multiplicator, wie der eben beschriebene, nothwendig ist. Die zu diesem Multiplicator verwendete Kupfermasse mufste nur darum so grofs seyn, nämlich 80 Kilogramm, weil der mittlere Halbmesser der Windungen nicht unter 230 Millimeter betragen sollte. Diese grofse Weite des Multiplicators, so wie seine kreisförmige Gestalt, ist gar nicht der damit auszuführenden Inclinationsmessungen wegen gewählt, sondern deshalb, weil dasselbe Instrument zugleich zu einem festen und unveränderlich bleibenden Normalwiderstandsmesser für galvanische Ketten dienen sollte, gleich wie das in den »Ab-

handlungen über elektrodynamische Maafsbestimmungen« (Leipzig 1852) II. beschriebene Instrument, mit dem aber nur ein einziges Mal solche Widerstandsmessungen hatten ausgeführt werden können. Ein solcher fester zum Gebrauche stets fertiger Widerstandsmesser war ein wesentliches Bedürfnifs für viele galvanische Untersuchungen geworden, und um demselben vollständig zu genügen, erscheint die angegebene Gröfse des mit dem Inductions-Inclinatorium verbundenen Multiplicators vollkommen gerechtfertigt.

Handelt es sich aber nicht um solche galvanische Zwecke, sondern blofs um genaue und bequeme Messung der Inclination, so können alle Dimensionen des Multiplicators ohne Nachtheil wenigstens um die Hälfte verkleinert werden, wozu dann nur der 8te Theil des Drahts (etwa 10 Kilogramm) erfordert werden. Die Genauigkeit der Inclinations-Messung würde dadurch sogar gewinnen; denn die zu beobachtende Ablenkung der Nadel würde dadurch im Verhältnifs von 1 zu $\sqrt{2}$ vergröfsert und könnte vielleicht mehr als verdoppelt werden, wenn man zugleich der kreisförmigen Gestalt des Multiplicators eine schickliche elliptische Gestalt substituirte, wobei die Nadelaxe die Richtung der grofsen Axe der Ellipse erhielte. Sollte die Ablenkung der Nadel alsdann zu grofs werden, um noch mit der Scale bequem gemessen werden zu können, so kann füglich auch zum Inductor blofs die Hälfte des Drahts (etwa gleichfalls 10 Kilogramm) genommen werden, wodurch bei gleichbleibender mittlerer Weite der Windungen die Intensität der inducirten Ströme halb so grofs wird und daher trotz des stärkeren Multiplicators doch nur die nämliche oder eine nur wenig gröfsere Ablenkung der Nadel hervorbringt. Diese Verminderung der Masse des Inductors gewährt dabei den Vortheil, dafs sich die Drehung der Inductorrolle noch leichter und bequemer ausführen läfst.

III. *Gesetze der Anziehung der Elektromagnete; von Dr. Iulius Dub.*

Meine letzte Untersuchung »*über die Gesetze hufeisenförmiger Elektromagnete* [1])« war damit geschlossen, dafs einige Versuche über den Durchmesser der Hufeisen es unentschieden liefsen, in welchem Verhältnifs derselbe zur Anziehung stehe, und neuere Wiederholungen gaben Resultate, die noch weniger ein einfaches Gesetz herausstellten. So schien es mir denn nöthig weiter zurückzugehen und zunächst das Verhältnifs des Magnetismus von *Stäben* in Bezug auf ihren Durchmesser zu prüfen.

Zuvor sey noch bemerkt, dafs es zu Mifsverständnissen Anlafs gegeben hat, dafs die Begriffe *Magnetismus*, *Anziehung* und *Tragkraft* nicht recht geschieden worden sind, was besonders deshalb nöthig ist, weil für einen jeden derselben ein besonderes Gesetz obwaltet. In Bezug auf die obigen Gesetze ist unter »Magnetismus« die magnetische Erregung eines Stückes weichen Eisens durch den galvanischen Strom zu verstehen, welche von Lenz und Jacobi durch den beim Verschwinden des Magnetismus erregten Inductionsstroms, der jenem proportional ist, gemessen wurde. Geschieht nun auch die Messung in anderer Weise, so wird sie immer dasselbe Resultat ergeben, so lange die Wirkung des Stabes allein betrachtet wird. Nähert man dagegen dem Magneten einen zweiten Stab aus weichem Eisen, so wird auch dieser magnetisch und es tritt bei n fachem Magnetismus n^2 fache Wirkung ein. Diese Wirkung heifst »*Anziehung*«. Da nun aber meine Versuche ergeben haben, *dafs die Anziehung in unmittelbarer Berührung nicht dem Quadrate der Ströme folgt*, so sind noch die Anziehung in *Berührung* und die auf *Entfernung* von einander zu trennen. Wir nennen dem schon eingeführten Gebrauch

1) Gesetze der Anziehung hufeisenförmiger Elektromagnete. Pogg. Ann. Bd. 86, S. 542.

gemäfs die Anziehung auf Entfernung kurz »*Anziehung*«, dagegen die Anziehung in unmittelbarer Berührung von Anker und Magnet »*Tragkraft*«.

I. Der freie Magnetismus von Stab-Elektromagneten.

Lenz und Jacobi haben gefunden:

dafs bei massiven Eisencylindern von gleicher Länge und von mehr als $\frac{1}{3}''$ Durchmesser, die durch galvanische Ströme von gleicher Stärke und durch Spiralen von einer gleichen Anzahl Windungen ertheilten Magnetismen, den Durchmessern dieser Cylinder proportional sind [1]).

Dieser Satz hat keinen Widerspruch erfahren [2]), bis in neuester Zeit J. Müller bei seinen Untersuchungen über das Maximum des Magnetismus mit Stäben findet:

So weit man den Stabmagnetismus der Stromstärke proportional setzen kann, ist der durch gleiche Ströme in verschiedenen Eisenstäben erzeugte Magnetismus der Quadratwurzel aus dem Stabdurchmesser proportional.

Da diese Sätze einander direct widersprechen, so war die Erörterung dieser Frage von um so gröfserer Wichtigkeit. Was zunächst die Beschränkung von Lenz und Jacobi anbetrifft, dafs ihr Gesetz nur von Stäben gelte, »*die mehr als $\frac{1}{3}''$ Durchmesser haben*«, so ist wohl jetzt klar, dafs sie von der Sättigung herrührt, die die dünneren Stäbe bei der eben angewandten Stromstärke erlitten. Sie würden, hätten sie stärkere Ströme angewandt, die Gränze auf gröfsere Dicken, von denen ab das Gesetz gilt, bei schwächeren Strömen auf geringere haben setzen müssen.

Um nun den Magnetismus von Stäben auf directem Wege zu prüfen, giebt es zwei Mittel. Erstens mifst die Tangente der Ablenkung der Magnetnadel direct die Stärke

1) Pogg. Ann. Bd. 51, S. 361 u. 262.

2) v. Feilitsch findet den Satz von Lenz und Jacobi bestätigt, doch hat auch er eine Versuchsreihe, die auf eine ihm unerklärliche Weise davon abweicht. Pogg. Ann. Bd. 80, S. 327.

des freien Magnetismus. Zweitens läfst sich die Prüfung noch auf einem Wege anstellen, der von Hankel zuerst eingeschlagen wurde [1]).

Wenn man nämlich die magnetisirende Spirale beweglich aufhängt und sie nun auf den Eisenstab, den sie magnetisch macht, hinaufziehen läfst, oder wenn man umgekehrt den beweglich aufgehängten Eisenstab in die festliegende Spirale hineinziehen läfst, so erhält man bei Stäben von verschiedenem Durchmesser unmittelbar die Kraft, die der in den Stäben freie Magnetismus hat. Während also weiches Eisen dadurch, dafs es selbst in gleichem Grade zum Magnet wird, wenn man es anziehen läfst, den im Stabe freien Magnetismus nie isolirt zeigt, giebt ein bewegliches (gegeneinander verschiebbares) System von Spirale und Eisenkern das Mittel, durch *Anziehung* den freien Magnetismus von Stäben zu prüfen.

1. In welchem Verhältnifs steht die Ablenkung der Magnetnadel zum Stabdurchmesser?

Um den Magnetismus verschieden dicker Stäbe nach dieser Methode zu messen, wurde die Anordnung des Apparats im Ganzen in der Weise getroffen, wie sie J. Müller bei der Prüfung des Sättigungspunktes hatte [2]).

Der Strom durchlief, wie bei allen Versuchen, von der Grove'schen Säule ausgehend, die Spirale des Magneten, die Tangentenbussole und den Widerstandsmesser [3]). Der Stabmagnet lag horizontal von Westen nach Osten auf einem Tisch in gleicher Höhe mit einer Bussole; der Mittelpunkt der Nadel derselben lag in der Verlängerung der Axe des Kerns, 20″ von dem nächsten Pol desselben entfernt. Die Nadel war 1″ lang und auf einem Zeiger aus Kupfer von 6″ Länge befestigt. Die Spitze des Zeigers bewegt sich über einem getheilten Kreise, so dafs die Ab-

1) Bericht über die Verhandl. der Königl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften 1850. II.

2) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 337.

3) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 469.

lenkung derselben bequem abgelesen werden konnte. Aufgehängt war die Nadel an einem Coconfaden und von einer Glasglocke überdeckt, weil nicht mittelst des Fernrohrs, sondern direct abgelesen wurde. Die Tangentenbussole war in solcher Entfernung vom Magneten aufgestellt, dafs ein in die Spirale eingeführter Kern keine Aenderung in dem Stande ihrer Nadel veranlafste.

Es wurden nun die früher angewandten Stäbe von $\frac{1}{2}''$ bis 2″ Durchmesser und von 6 und 12″ Länge geprüft. Die angewandte Spirale war 2″ weit.

1. Stromstärke 19°. Ablenkung der Bussolennadel durch die Spirale allein: $1\frac{1}{2}$°. Magnet 6″ lang. Entfernung des Magneten von der Bussole 20″.

Durchmesser der Magnete.	b	$\operatorname{tg} b$	$\operatorname{tg} s$	$\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s$	$\sqrt{d}$	$\frac{\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s}{\sqrt{d}} . 1000$
$\frac{1}{2}''$	7°	0,1227	0,0265	0,0962	1,414	68
$\frac{3}{4}$	8	0,1405	0,0265	0,114	1,732	66
1	10	0,1753	0,0265	0,15	2	72
$1\frac{1}{2}$	13	0,231	0,0265	0,2	2,45	81
2	$16\frac{1}{2}$	0,2962	0,0265	0,27	2,828	95

2. Stromstärke 15°. Ablenkung durch die Spirale 2°. Magnete 12″ lang. Entfernung derselben von der Bussole 20″.

Durchmesser der Magnete.	b	$\operatorname{tg} b$	$\operatorname{tg} s$	$\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s$	$\sqrt{d}$	$\frac{\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s}{\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}''$	20°	0,364	0,035	0,33	1,414	24
$\frac{3}{4}$	21	0,445	0,035	0,41	1,732	24
1	$27\frac{1}{2}$	0,520	0,035	0,49	2	24,5
$1\frac{1}{2}$	$33\frac{1}{2}$	0,661	0,035	0,63	2,45	26
2	39	0,809	0,035	0,77	2,828	27

In diesen Reihen giebt die mit *b* überschriebene Reihe die an der Bussole abgelesenen Winkel, auf welche die Nadel durch den Magneten und die Spirale gebracht wurde. In der Reihe unter tg *b* stehen die entsprechenden Tangenten. Unter tg *s* ist die Tangente der durch die Spirale allein bewirkten Ablenkung verzeichnet. Die folgende

Reihe $\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s$ giebt somit die Tangente, mit der der Kern allein die Nadel abgelenkt haben würde. Die nächste Reihe giebt das Verhältnifs der Wurzeln der Kerndurchmesser, so dafs die letzte Reihe, $\frac{\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s}{\sqrt{d}}$ überschrieben, die Quotienten enthält, welche durch Division der Durchmesserwurzeln in die durch den Kern bewirkte Ablenkung erhalten werden.

Wäre die Kraft genau den Wurzeln der Durchmesser proportional, so müfste letzterer Quotient, der hier um die Brüche zu vermeiden mit 1000 multiplicirt ist, constant seyn. Allein wir finden eine Abweichung zu Gunsten der dickeren Kerne.

Nehmen wir das Mittel aus den erhaltenen Quotienten und berechnen danach die Winkelwerthe, welche sich hätten ergeben müssen, so erhalten wir folgende Zahlen:

	1. Versuchsreihe.		2. Versuchsreihe.	
Durchmesser der Magnete.	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
$\frac{1}{2}''$	7°	7° 39′	20°	21° 11′
$\frac{3}{4}$	8	8 57	24	25 3
1	10	10 14	$27\frac{1}{2}$	28 9
$1\frac{1}{2}$	13	12	$33\frac{1}{4}$	32 54
2	$16\frac{1}{2}$	13 43	39	36 35

Diese Reihen setzen es wohl schon aufser Zweifel, dafs hier das Verhältnifs der Wurzeln der Durchmesser obwalte, allein da die Abweichung von diesem Gesetz sich regelmäfsig bei einer grofsen Anzahl von Versuchen zeigte, so konnte der Grund nicht in Versuchsfehlern allein, sondern mufste in der Anordnung des Experiments selbst liegen. Dafs eingetretene Sättigung der schwächeren Stäbe den Fehler veranlasse, war deshalb unmöglich, weil Versuche mit viel bedeutenderen Stromstärken keine gröfsere Differenz zeigten, als die mit geringen. Bedenken wir nun aber, in welcher Weise die *Spirale* in einer geringen Entfernung auf die Nadel wirkt, so ergiebt sich auch theo-

retisch, dafs eine Spirale von geringerem Durchmesser auch viel geringere Ablenkung bei derselben Stromstärke bewirken mufs, als eine weitere, weil nämlich die Aufsenwirkung die innere aufhebt, je bedeutender die Länge der Nadel im Verhältnifs zur Weite der Spirale ist. Aehnliches aber wie die Spirale bewirkt der Rand der Polfläche, so dafs, wenn dieser einen gröfseren Durchmesser hat, er auch bei derselben Kraft des Magneten die Nadel mehr ablenken mufs. Der Versuch bestätigte diese Betrachtung. Ich wählte daher zugespitzte Eisenstäbe, von denen je zwei bei doppeltem Durchmesser gleich grofse Polflächen hatten.

Die beiden ersten Versuche sind mit der 1″ weiten Spirale, dagegen die folgenden mit der 2″ weiten angestellt. Die Tangenten der Ablenkungswinkel, welche durch die Spiralen ohne Kern bewirkt wurden, sind in der Tabelle verzeichnet. Bei den vier ersten Versuchen wurden 6″ lange Kerne bei einer Stromstärke von 14° angewandt, wogegen bei den vier andern 12″ lange Stäbe durch einen die Tangentenbussole auf 12° ablenkenden Strom magnetisirt wurden.

3.

No.	Durchmesser der Magnete.	b	tg b	tg s	tg b — tg s	$\sqrt{d}$	$\frac{\text{tg } b - \text{tg } s}{\sqrt{d}}$
1	½″	4¾°	0,0831	0,0073	0,076	1,414	536
2	1 Pol ½″	6½	0,1139	0,0073	0,106	2	530
3	1	7½	0,1316	0,0175	0,114	2	57
4	2 Pol 1	10½	0,1853	0,0175	0,168	2,828	59
5	½	13¾	0,2447	0,0306	0,214	1,414	151
6	1 Pol ½	19	0,3443	0,0306	0,315	2	157
7	1	21½	0,3947	0,0306	0,364	2	182
8	2 Pol 1	29	0,5543	0,0306	0,524	2,828	185

Vergleichen wir von diesen Resultaten immer je zwei zusammengehörige, so sehen wir, dafs durch diese Umänderung schon fast vollständige Gleichheit der Quotienten eingetreten ist. Die vorhandenen Abweichungen, welche sich noch zeigen, müssen theils auf Beobachtungsfehler gerechnet werden, theils ist zu bedenken, dafs ein kleiner Theil der Seitenwirkung der Windungen am Ende der

Spirale, wenn der Kern dieselbe nicht ausfüllt, verloren geht.

Darauf wurde eine Versuchsreihe angestellt, bei der die Spirale die Kerne eng umschlofs, während dieselben zugespitzt waren.

4.

No.	Durchmesser der Magnete.	b	$\operatorname{tg} b$	$\operatorname{tg} s$	$\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s$	$\frac{\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s}{\sqrt{d}}$
1	1″	$8\frac{1}{2}$°	0,1494	0,011	0,138	68
2	2 Pol 1″	$12\frac{1}{2}$	0,231	0,0655	0,166	60
3	1	$3\frac{1}{2}$	0,0616	0,004	0,0612	306
4	2″ Pol 1	$5\frac{1}{4}$	0,0919	0,0131	0,0788	278

Diese Versuche waren bei verschiedener Entfernung der Magnete von der Bussole gemacht. In No. 1 und 2 war der Magnet 28″, in 3 und 4. 40″ entfernt. Wir finden, dafs bei enganschliefsenden Spiralen und gleich grofsem Pol das Verhältnifs der Ablenkung enger als die Wurzeln der Durchmesser wird, woraus denn zu schliefsen ist, dafs sich das richtige Verhältnils auch zeigen würde, wenn die Pole nicht zugespitzt sind, aber die Spiralen eng anschliefsen.

Es wurden die beiden vorhandenen Spiralen, die eine von 1″, die andere von 2″ Durchmesser angewandt bei einer Stromstärke von 21°, welche 336 Windungen durchlief. Der Magnetpol war 23″ von der Nadel der Bussole entfernt.

5.

No.	Durchm. der Kerne.	b	$\operatorname{tg} b$	$\operatorname{tg} s$	$\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s$	$\sqrt{d}$	$\frac{\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} s}{\sqrt{d}}$
1	1″	$34\frac{1}{2}$°	0,6873	0,018	0,6693	1,414	473
2	2	45	1	0,04366	0,9535	2	478

Diese Versuche zeigen möglichst genau die Gleichheit des Verhältnisses zwischen dem Magnetismus und den Wurzeln der Kerndurchmesser.

2. **In welchem Verhältnifs steht die Kraft, mit der eine Spirale einen Stab anzieht, zum Durchmesser des Stabes?**

Um die Zeit als Hankel seine »*Messungen über die Gröfse der Kraft, welche zwischen einer elektrischen Spirale und einem in ihrer Axe befindlichen Eisenkern in der Richtung dieser Axe wirkt*« [1]), veröffentlichte, hatte ich ebenfalls Messungen in demselben Sinne angestellt, welche meist mit den von Hankel gefundenen Resultaten übereinstimmten.

Die Wirkung einer Spirale, welche auf einen Eisenkern heraufgezogen wird, ist in Bezug auf Stromstärke und Windungszahl gleich der eines Magneten, welcher einen Anker anzieht. Denn der die Spirale durchfliefsende Strom macht in gleichem Grade den Kern magnetisch, als er die Anziehungskraft jener steigert. Wird also die Spirale durch einen $n$fachen Strom erregt, so magnetisirt sie auch den Kern $n$fach, es wird also die gegenseitige Anziehung beider die n^2fache, d. h. *die Anziehung einer Spirale verhält sich wie das Quadrat der magnetisirenden Ströme* [2]). Dasselbe Resultat erhält man, wenn bei demselben Strome die Windungszahl der magnetisirenden Spirale vervielfacht wird, welchen Satz aber Hankel nicht experimentell nachgewiesen hat. Die von mir angestellten Versuche ergaben: *Die Anziehung einer Spirale verhält sich wie die Quadrate der Windungszahl derselben.*

So habe ich denn für die Spiralanziehung denselben Satz wie für die der Elektromagnete experimentell gefunden:

Die Anziehung der Spiralen verhält sich wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme multiplicirt mit dem Quadrate der Windungszahlen.

Anders ist es nun aber bei Aenderung des Durchmessers des Eisenkerns und gleicher magnetisirender Kraft.

1) Bericht über die Verhandl. der Königl. Sächs. Ges. der Wissensch. 1850. II.

2) Bericht p. 85.

In diesem Fall findet nicht das Verhältnifs statt, wie es zwischen Magnet und Anker besteht. Während nämlich bei Ankeranziehung niemals die Wechselwirkung zwischen Erregendem und Erregtem aufgehoben werden kann, und es nicht möglich ist, Eins zu verstärken ohne das Andere auch davon zu afficiren, so läfst sich diefs bei der Spirale leicht herstellen. Die Spirale kann ihrer Kraft nach unveränderlich bleiben, während der Kern durch die gröfsere Masse gröfsere Anziehungskraft erhält. Von dieser verstärkten Kraft des Kerns findet nun aber keine Rückwirkung auf die Spirale statt, und daher ist es möglich, durch die Spirale mittelst *Anziehung* die Wirkung der Kerndurchmesser für sich direct zu prüfen.

Die Resultate der Hankel'schen Untersuchungen ergaben für die Anziehnng einer Spirale auf zwei verschieden dicke Eisenkerne, wenn noch eine zweite feste Spirale in derselben Entfernung von dem anderen Ende der Kerne auf dieselben wirkte:

1 : 0,66
1 : 0,74
1 : 0,78

wenn das Verhältnifs der Durchmesser beider Stäbe 1 : 0,498 war. Die verschiedenen Verhältnisse der Anziehung ergaben sich, je nachdem die Spiralen mehr oder weniger auf den Kern hinaufgeschoben waren, und zwar so, dafs das Verhältnifs um so enger wurde, je mehr die Spiralen sich einander näherten. Hierbei hat denn auch die gegenseitige Anziehung der Spiralen mitgewirkt. Zwei andere Stäbe, deren Durchmesser 28,4^{mm} und 15,8^{mm} waren, die sich also zu einander verhielten wie

1 : 0,56,

ergaben bei verschiedenen Stellungen der Rollen:

1 : 0,72
1 : 0,77.

Das Verhältnifs der Wurzeln der beiden Paare von Kernen ist aber:

1 : 0,7057
1 : 0,748.

Wir finden also, dafs das Verhältnifs der Durchmesserwurzeln in der Mitte liegt zwischen den Verhältnissen der Anziehung bei verschiedener Stellung der Spiralen.

Nun findet aber Hankel ferner, dafs, wenn er nur *eine* Spirale anwendet, das Verhältnifs mehr den Durchmessern selbst gleich kommt, obschon es immer noch enger ist als das dieser. Der theoretischen Betrachtung zufolge sehe ich aber keinen Grund, warum *eine* Spirale anders wirken sollte als *zwei*. Die Anziehung wirkt wie die Quadrate der Windungszahlen. Nehme ich nun eine doppelte Anzahl von Windungen, so erhalte ich vierfache Anziehung, wenn die Spiralen bei einander sind. Befinden sie sich von einander entfernt, so wird natürlich die bewegliche nicht mit vierfacher Kraft von der, mit welcher sie allein wirken würde, auf den Kern hinaufgezogen werden; aber die eine wie die andere wird nur die Kerne von verschiedenem Durchmesser in dem *Verhältnifs* magnetisiren, als jede allein thun würde. Magnetisirt nur *eine* Spirale die Kerne so, dafs der Magnetismus den Wurzeln der Durchmesser proportional ist, so mufs diefs bei zweien ebenfalls stattfinden. Diefs nicht zugeben, hiefse behaupten, es finden bei verschiedener Intensität in den Kernen verschiedene Verhältnisse der Anziehung zu den Durchmessern statt. Die Anziehung könnte dann nicht immer in demselben Verhältnifs zur Windungszahl bleiben; sie müfste bei Weglassung der halben Anzahl von Windungen in dem dünneren Magnet in gröfserem Verhältnifs sich verringern als in dem stärkeren, eine Annahme, die der Wahrscheinlichkeit entbehrt. — Sollten bei dem Versuche Hankel's mit *einer* Spirale nicht Beobachtungs- und andere Fehler mitgewirkt haben? Man wird um so eher veranlafst diefs zu glauben, da meine Versuche mit *einer* Spirale dasselbe gaben, wie Hankels und die meinigen mit *zweien*.

Die von mir angestellten Messungen wurden mit einer $1\frac{3}{4}''$ weiten und eben so hohen Spirale angestellt, welche 192 Drahtwindungen hat. Die hineinzuziehenden Kerne wurden senkrecht über der Mitte der Spirale an dem einen

Arm eines Waagebalkens aufgehängt und reichten bis an die untere Seite der Spirale hindurch. Nachdem sie auf der am anderen Arme befindlichen Schale tarirt waren, hing der Kern so, dafs er sich eben von der Fläche des Tisches, auf dem die Spirale lag, entfernte. Darauf wurde der Strom geschlossen und so viel Gewicht aufgelegt, dafs der Kern wieder in die frühere Stellung kam, der Waagebalken wieder horizontal hing.

Die Messungen zeigten folgende Resultate:

6. Anziehung 6" langer Stäbe durch die Spirale bei 22° Stromstärke.

d	p	$\sqrt{d}$	$\frac{p}{\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$"	3 Gr.	1,414	2,12
$\frac{3}{4}$	4,4 »	1,732	2,45
$1\frac{1}{2}$	5 »	2	2,5
1	7 »	2,45	2,85

7. Anziehung 6" langer Stäbe durch die Spirale bei 32° Stromstärke.

d	p	$\sqrt{d}$	$\frac{p}{\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$"	9 Gr.	1,414	6,3
$\frac{3}{4}$	11,9 »	1,732	6,8
1	13 »	2	6,5
$1\frac{1}{2}$	18 »	2,45	7,3

8. Anziehung 12" langer Stäbe durch die Spirale bei 32° Stromstärke.

d	p	$\sqrt{d}$	$\frac{p}{\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$"	11,5 Gr.	1,414	8,013
$\frac{3}{4}$	14 »	1,732	8,092
1	16 »	2	8
$1\frac{1}{2}$	21,5 »	2,45	8,7

In diesen Reihen bedeutet d den Durchmesser der cylindrischen Magnetstäbe und p die Kraft in Grammen, mit der sie in die Spirale hineingezogen wurden. Die dritte Reihe enthält die Verhältnisse der Wurzeldurchmesser und die vierte die Quotienten der dritten in die zweite. Diese Quotienten müssen gleich seyn; allein wenn wir bedenken,

dafs bei dünneren Stäben wieder wie bei der Nadelablenkung etwas von der Seitenwirkung der Spirale verloren geht, so können wir diese Resultate wohl als befriedigend ansehen und müssen die fast vollkommene Gleichheit in den drei ersten Versuchen der letzten Reihe eher als die übrigen für fehlerhaft halten. Ein Vergleich der Resultate der Nadelablenkung mit diesen giebt ziemlich dasselbe Verhältnifs der Abweichung der Quotienten, woraus denn geschlossen werden mufs, dafs wir auch hier genau das richtige Wurzelverhältnifs bekommen würden, wenn die Spirale alle Kerne eng umschlösse.

Ueberblicken wir nun die durch beide Methoden erhaltenen Resultate, so bleibt gewifs über das herrschende Gesetz kein Zweifel mehr. Wir müssen uns in Folge dieser Untersuchungen gegen den von Lenz nud Jacobi aufgestellten Satz in Uebereinstimmung mit J. Müller dahin entscheiden:

Der Magnetismus massiver Eisencylinder von gleicher Länge, die durch galvanische Ströme von gleicher Stärke und durch Spiralen von einer gleichen Anzahl den Kern eng umschliefsender Spiralwindungen magnetisirt sind, ist den Wurzeln der Durchmesser dieser Cylinder genau proportional.

II. Anziehung und Tragkraft der Stab-Elektromagnete von verschiedenem Durchmesser.

Schon früher war ich bemüht gewesen, das Verhältnifs zu finden, in welchem die Anziehung und Tragkraft zu den Durchmessern der Anker und Magnete stehe; allein ich gelangte zu keinem befriedigenden Resultat, weil die Gröfse der Berührungsfläche zwischen Anker und Magnet so grofse Unterschiede hervorrief, dafs in manchen Fällen statt der erwarteten Zunahme sich eine Abnahme zeigte.

Aus der vorstehenden Untersuchung, *dafs der Magnetismus der Wurzel der Durchmesser proportional ist*, mufs nun folgen: *die Anziehung auf weiches Eisen ist dem Durchmesser der Stäbe proportional.* Wenn die früheren Unter-

suchungen diefs nicht erkennen liefsen, und feststeht, dafs der Grund davon in der Form und Masse der Anker lag, so fragt sich, ob nicht Anker gefunden werden können, welche, bei einer Form, die ohne Einflufs auf die Gröfse der Anziehung ist, doch in der Masse variiren können. Denn wenn die Anziehung das Quadrat des freien Magnetismus seyn soll, so mufs unstreitig der Anker in demselben Verhältnifs wie der Magnet mehr Theile zur Magnetisirung darbieten, d. h. an Masse zunehmen. Hierzu eignen sich Kugeln, welche Tyndall zuerst bei seinen Untersuchungen über die Anziehung von Stab-Elektromagneten anwandte.

Zur Prüfung der Anziehung verschieden dicker Magnete durch Anker von gleichem Durchmesser mit den Magneten wurden vier Kugeln aus weichem Eisen angewandt, welche $\frac{3}{4}''$, 1″, $1\frac{1}{2}''$ und 2″ im Durchmesser hatten. Sie wurden von 12″ langen Stäben, die von gleichem Durchmesser mit den Kugeln waren, angezogen.

Die Versuche boten verschiedene Schwierigkeiten, welche in Mängeln bei der Einrichtung des Versuchs ihren Grund hatten. Die Anker waren nämlich zur Prüfung der *Anziehung* durch ein auf die Polfläche gelegtes Stück Schreibpapier von dem Magneten fern gehalten, und diefs federte zuweilen, wodurch denn das Resultat oft getrübt wurde. Es ergaben sich erst genügende Reihen, als ich ein sehr kleines Stück Papier nahm und dieses mit der gröfsten Vorsicht auflegte, damit es nicht geknifft würde; denn die kleinste Falte änderte schon das Resultat bedeutend ab. Eine zweite schon bekannte Fehlerquelle lag in dem Verhältnifs der Kerndurchmesser zu dem der Spiralen. Nachdem aber möglichst anschliefsende Spiralen genommen, und diese, damit nicht die Seitenwirkung bei den dünnern Magneten verloren gehe, etwas von dem Pol entfernt waren, erhielt ich für die Anziehung wie für die Tragkraft Reihen, welche das Gesetz aufser Zweifel setzten. Ich führe hier zwei derselben an:

9. **Wirkung der Stab-Elektromagnete auf Kugeln von gleichem Durchmesser mit den Kernen bei 26° Stromstärke.**

Magnet.	$\frac{3}{4}''$ dick.	1″ dick.	$1\frac{1}{2}''$ dick.	2″ dick.
Anziehung	0,3 Pfd.	0,48 Pfd.	0,67 Pfd.	0,97 Pfd.
Tragkraft	1,48 »	2,2 »	2,98 »	4,2 »

Beide Reihen zeigen ziemlich genau das Verhältnifs der Durchmesser und ergeben also den Satz:

Für den Fall, dafs die Berührungsfläche nicht hindernd in den Weg tritt, verhält sich die Anziehung und die Tragkraft, wie die Durchmesser der Stabmagnete.

(Schlufs im nächsten Heft)

IV. *Die Grundzüge eines thermochemischen Sytems; von Julius Thomsen.*

(Fortsetzung des Aufsatzes im Bd. 88, S. 349.)

III. Das thermische Verhalten des Wassers gegen die Oxyde.

§. 13.

Unter den Oxyden ist die Schwefelsäure am genauesten mit Rücksicht auf ihr thermisches Verhalten gegen das Wasser untersucht worden. Bekanntlich haben die Versuche erwiesen, dafs die Wärmemenge, welche sich entwickelt, wenn Schwefelsäure mit Wasser gemischt wird, mit der Menge des angewandten Wassers wächst, aber nicht der Wassermenge proportional ist. Man hat auf mehrere Weisen versucht die erhaltenen Resultate der Lehre von den bestimmten Proportionen unterzuordnen; die späteren Versuche haben aber erwiesen, dafs hier ein ganz anderes Gesetz als die einfache Proportionalität existiren mufs.

Um die Ursache dieser Erscheinung zu suchen, ist es nothwendig zu wissen, ob das bei der Schwefelsäure beob-

achtete Verhalten auch bei anderen Oxyden stattfinde, und ich habe deshalb Oxyde verschiedener Klassen mit Rücksicht auf ihr thermisches Verhalten gegen das Wasser untersucht. Es ist die Salpetersäure, die Phosphorsäure, die phosphorige Säure, die Essigsäure, die Weinsäure, das Kali und das Natron untersucht worden, und die Versuche sind in den nachstehenden Tabellen enthalten.

Die Art des Experimentirens war die folgende:

Die verschiedenen Hydrate eines Radicals wurden mit einer grofsen Menge Wasser, im Durchschnitt mit 500 Aequivalenten, gemischt, und die Wärmeentwickelung bestimmt. Das Wasser befand sich in einem Behälter mit dreifachen Wänden gegen die Wirkung der Luftwärme geschützt, und konnte durch einen Rührapparat zur gleichförmigen Temperatur gebracht werden. Die Hydrate befanden sich in kleinen Glasflaschen, welche in einer constanten Temperatur gehalten wurden; diese Temperatur ward so bestimmt, dafs die Temperatur der entstandenen Mischung gleich der Temperatur des Hydrats wurde, wodurch es möglich wird, die specifische Wärme des Hydrats zu ignoriren, indem die entwickelte Wärme dazu angewandt wurde, um die Temperatur des Wassers auf die des Hydrats zu erhöhen. Die Temperatursteigerung des Wassers betrug selten über 1° C., und der Unterschied zwischen der Luftwärme und den Flüssigkeiten selten über 0°,5. Die Thermometer wurden mittelst eines auf verticalem Stativ befestigten Fernrohrs abgelesen. Die Menge des Wassers war gewöhnlich 1000 bis 2000 Gramm.

In den folgenden Tabellen bezeichnet:

T die Temperatur der Luft
t_a " " des Hydrats
t_b " " des Wassers
t_c " " der Mischung
A das Gewicht des Hydrats
N das Aequivalent des Hydrats (1 Aequivalent Sauerstoff = 1 Gramm)
b das Gewicht des Wassers

b_1 den Wasserwerth des Calorimeters
R_1 die entwickelte Wärmemenge, berechnet für das Aequivalent des Hydrats.

Die einzelnen Versuche wurden nach der Formel

$$R_1 = b_1 \, (t_e - t_b) \, \frac{N}{A}$$

und das Mittel aus mehreren Versuchen nach der Formel

$$R_1 = b_1 \, [\Sigma(t_e) - \Sigma(t_b)] \, \frac{N}{\Sigma(A)} \; \ldots\ldots \; (22)$$

berechnet; in welcher $\Sigma(t_e)$ die Summe der verschiedenen Temperaturen t_e bezeichnet, u. s. w.

Die Versuche wurden in drei verschiedenen Calorimetern angestellt, von denen das eine aus Metallblech, die anderen aber aus Glas waren. Der Wasserwerth der gefüllten Calorimeter berechnet sich nach den Formeln

$$b_1 = 1{,}02\, b + 25$$
$$b_1 = 1{,}03\, b + 38.$$
$$b_1 = 1{,}03\, b + 20$$

indem b das Gewicht des Wassers ist.

§. 14.

Versuche mit der Schwefelsäure.

N	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			I. $(H\dddot{S}, Aq)$.				
1	18,8	1583	17,560	10,23	18,7	18,700	1080
2	18,8	1583	17,550	9,93	18,7	18,655	1079
3	18,9	1583	17,585	14,97	19,0	19,245	1075
4	18,9	1583	17,640	12,37	19,0	19,015	1078
5	19,7	2098	17,450	25,53	19,8	19,600	1082
6	19,7	2098	17,505	28,75	19,8	19,910	1075
	N = 6,125					Mittel	1078
			II. $(\dot{H}^2\dddot{S}, Aq)$.				
7	19,2	1583	17,950	24,12	19,2	19,36	671
8	19,2	1583	17,965	18,05	19,2	19,05	687
9	19,2	1583	17,950	27,38	19,2	19,55	671
10	19,2	1583	17,980	18,35	19,2	19,07	682
	N = 7,25					Mittel	678

N	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			III. $(\dot{H}^4\dddot{S}, Aq)$.				
11	18,0	1583	17,480	18,74	18,0	17,975	397
12	18,0	1583	17,480	20,41	18,0	18,015	394
13	18,0	1583	17,505	21,05	18,0	18,050	389
	N = 9,50					Mittel	393
			IV. $(\dot{H}^6\dddot{S}, Aq)$.				
14	17,0	1583	16,820	28,50	17,0	17,240	274
15	17,0	1583	16,630	24,20	17,0	17,000	284
16	17,0	1583	16,325	17,35	17,0	16,590	289
17	17,0	1583	16,650	32,48	17,0	17,125	272
	N = 11,75					Mittel	280

Die Versuche mit der Schwefelsäure wurden namentlich deshalb angestellt, um die Resultate mit den *älteren* Versuchen vergleichen zu können, und um einen Beweis zu liefern für die Wahrheit des oft aufgestellten und oft bezweifelten Satzes: die resultirende Wärme ist stets dieselbe, man mag die Verbindung successive oder auf einmal aus ihren Bestandtheilen bilden. Der Formel (15) *zufolge* ist nämlich

$$(\dot{H}\dddot{S}, \dot{H}^a) + (\dot{H}^{a+1}\dddot{S}, Aq) = (\dot{H}\dddot{S}, Aq)$$

also

$$(\dot{H}\dddot{S}, Aq) - (\dot{H}^{a+1}\dddot{S}, Aq) = (\dot{H}\dddot{S}, \dot{H}^a)$$

oder in Worten: die Wärmemenge, welche ein Aequ. Schwefelsäure durch Versetzung mit *a* Aequ. Wasser entwickelt, ist gleich der Differenz zwischen den Wärmemengen, welche die angewandte Säure und die durch die Versetzung mit *a* Aequ. Wasser entstandene entwickeln können, wenn sie mit vielem Wasser verdünnt werden.

Die Gröfsen der linken Seite der Gleichung sind *die* Resultate meiner Versuche, die Gröfse der rechten Seite ist durch Favre und Silbermann [1]) direct bestimmt worden. Eine Uebereinstimmung ist also nothwendig, wenn der Satz richtig ist. Die Gröfse $(\dot{H}\dddot{S}, \dot{H}^a)$ ist in den Versuchen von Favre und Silbermann direct, in meinen Versuchen dagegen indirect bestimmt. Man findet

1) *Compt. rend. XXIV*, 1081.

	direct	indirect
$(\dot{H}\dddot{S}, \dot{H})$	396	400
$(\dot{H}\dddot{S}, \dot{H}^3)$	685	685
$(\dot{H}\dddot{S}, \dot{H}^5)$	800	798

Die Uebereinstimmung ist vollkommen; die Versuche, nach verschiedenen Methoden angestellt, geben dasselbe Resultat.

Die Bestimmung der Gröfse $(\dot{H}\dddot{S}, Aq)$ hat ein specielles Interesse, indem diese das Maximum der Wärme ist, welche ein Aequ. Schwefelsäure, $\dot{H}\dddot{S}$, durch Verdünnung mit Wasser hervorzubringen im Stande ist. Bekanntlich ist diese Gröfse oft bestimmt worden und mit ziemlich abweichenden Resultaten; es findet z. B. Hefs [1]) mehrere Werthe, welche zwischen den Gränzen 972 und 1166 liegen. Ich werde unten auf diese Gröfse und auf die Resultate der anderen Experimentatoren wieder zurückkommen.

§. 15.

Versuche mit der Salpetersäure.

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			V. $(\dot{H}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{N}}, Aq)$.				
18	23,5	1050	22,520	6,38	24,0	23,250	946
19	23,5	1050	22,455	12,84	24,0	23,925	947
20	23,5	1050	22,500	13,98	24,0	24,090	941
21	23,5	1050	22,515	14,44	24,0	24,170	948
	$N = 7{,}875$					Mittel	945
			VI. $(\dot{H}^{1,813}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{N}}, Aq)$.				
22	23,6	1050	23,090	17,42	24,2	24,400	697
23	23,6	1050	23,075	19,11	24,2	24,525	703
24	23,6	1050	23,060	15,38	24,2	24,230	705
25	23,6	1050	21,840	16,74	23,2	23,130	714
26	22,5	1050	21,800	16,77	23,2	23,100	718
27	22,5	1050	21,770	16,09	23,2	23,020	719
28	22,5	1050	21,755	28,03	23,2	23,910	712
	$N = 8{,}823$					Mittel	710

1) Pogg. Ann. L, p. 387, 391, LVI, p. 468, LXVI, p. 61.

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_c	R_1
			VII. ($\dot{H}^3 \dddot{N}$, Aq).				
29	20,2	1050	19,800	12,31	20,7	20,400	518
30	20,2	1050	19,680	19,17	20,7	20,600	510
31	20,2	1050	19,695	17,83	20,7	20,545	507
32	20,2	1050	19,700	25,04	20,7	20,900	509
	$N = 10{,}125$					Mittel	511
			VIII. ($\dot{H}^4 \dddot{N}$, Aq).				
33	24,0	1050	23,20	21,91	24,0	24,080	474
34	24,0	1050	23,425	17,50	24,0	24,125	472
35	24,0	1050	23,475	17,55	24,0	24,180	474
36	24,0	1050	23,480	10,41	24,0	23,880	454
	$N = 11{,}25$					Mittel	470
			IX. ($\dot{H}^{4,18} \dddot{N}$, Aq).				
37	24,0	1050	22,985	23,02	24,0	23,810	430
38	24,0	1050	23,025	25,02	24,0	23,915	433
39	24,0	1050	23,025	31,85	24,0	24,160	423
40	24,0	1050	23,045	27,30	24,0	24,040	438
	$N = 11{,}452$					Mittel	433
			X. ($\dot{H}^5 \dddot{N}$, Aq).				
41	24,0	1050	23,500	21,08	24,0	24,050	339
42	24,0	1050	23,500	22,20	24,0	24,085	342
43	24,0	1050	23,545	34,40	24,0	24,140	337
44	24,0	1050	23,500	19,80	24,0	24,030	350
45	23,0	1050	22,460	25,20	23,0	23,100	329
46	23,0	1050	22,420	16,15	23,0	22,840	337
47	23,0	1050	22,360	21,05	23,0	22,910	338
48	23,0	1050	22,325	22,00	23,0	22,900	339
	$N = 12{,}375$					Mittel	339
			XI. ($\dot{H}^6 \dddot{N}$, Aq).				
49	21,8	1050	21,325	31,60	21,8	21,930	271
50	21,8	1050	21,150	28,00	21,8	21,685	271
51	21,8	1050	21,130	30,04	21,8	21,715	276
	$N = 13{,}50$					Mittel	273
			XII. ($\dot{H}^8 \dddot{N}$, Aq).				
52	23,1	1050	22,845	27,70	23,1	23,135	173
53	23,1	1050	22,855	24,00	23,1	23,115	179
54	23,1	1050	22,845	39,25	23,1	23,250	171
	$N = 15{,}75$					Mittel	174
			XIII. ($\dot{H}^{10} \dddot{N}$, Aq).				
55	23,0	1050	22,880	41,57	23,1	23,140	118
56	23,0	1050	22,850	27,68	23,1	23,030	123
57	23,0	1050	22,850	39,00	23,1	23,095	93
	$N = 18{,}00$					Mittel	119

Die älteren Versuche von Hefs [1]) stimmen einigermafsen mit den meinigen übereiu, wie es die folgende Zusammenstellung zeigt.

a	$(\dot{H}^a \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}, Aq)$ Hefs.	Thomsen.
1	969	945
1,843	—	710
2	790	—
3	571	511
4	493	470
5	366	339
6	284	273
8	186	174

Dagegen sind die von Hefs [2]) als Multipla berechneten Gröfsen sehr abweichend von den directen Resultaten.

Die Säuren der drei ersten Versuchsreiheu wurden aus der concentrirten Salpetersäure durch Verdünnung mit Wasser erhalteu, währeud die der letzten 6 Versuchsreihen durch Verdünnung der Salpetersäure, $\dot{H}^4 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$, dargestellt wurden; diese Säure wurde durch eine dreimalige Destillation erhalten, und die Temperatur der Dämpfe der siedenden Säure war 121°.

Es ist mir nicht bekannt, dafs andere Säuren oder Oxyde auf ähuliche Weise wie die Schwefelsäure und die Salpetersäure gegen Wasser auf thermochemischem Wege untersucht worden seyen. Ich habe daher einige Oxyde der verschiedenen löslichen Reihen untersucht, um zu bestimmen, ob das Verhältnifs, welches man bei diesen Säuren betrachtet, auch allgemein stattfinde.

§. 16.

Versuche mit Phosphorsäure und phosphoriger Säure.

Die angewandte Phosphorsäure wurde aus Phosphor und Salpetersäure dargestellt, indem die dadurch erhaltene,

1) Pogg. Ann. LIII, p. 535.
2) Pogg. Ann. LVI, p. 593.

drei Aequivalente Wasser enthaltende Säure, mit 2, 4, 6, 8 Aequivalenten Wasser verdünnt wurde.

Die phosphorige Säure wurde aus Phosphorchlorür und Wasser dargestellt.

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			XIV. $(\dot{H}^3\dddot{P}, Aq)$.				
58	18,2	1045	18,100	6,65	18,4	18,455	703
59	18,2	1045	18,005	4,89	18,4	18,275	724
60	22,4	1555	21,900	17,92	22,4	22,550	698
61	16,6	1045	16,540	5,63	16,6	16,835	675
62	16,6	1045	16,240	8,30	16,6	16,660	652
	$N = 12,375$					Mittel	690
			XV. $(\dot{H}^5\dddot{P}, Aq)$.				
63	17,6	1555	17,130	26,68	17,5	17,650	443
64	21,5	1045	21,100	12,16	21,4	21,470	465
65	21,2	1045	20,750	19,41	21,4	21,345	468
66	18,0	1045	17,650	16,56	18,0	18,110	409
67	18,0	1045	17,715	21,00	18,0	18,280	397
	$N = 14,625$					Mittel	441
			XVI. $(\dot{H}^7\dddot{P}, Aq)$.				
68	17,0	1555	16,750	31,25	17,0	17,140	327
69	21,0	1045	20,670	18,00	21,0	21,040	362
70	21,0	1045	20,560	22,08	21,0	21,000	351
71	18 0	1045	17,640	21,21	18,0	18,050	337
72	18,0	1045	17,715	30,98	18,0	18,280	321
	$N = 16,875$					Mittel	337
			XVII. $(\dot{H}^9\dddot{P}, Aq)$.				
73	16,8	1555	16,460	37,38	16,8	16,780	254
74	20,5	1045	20,375	29,62	20,7	20,760	260
75	20,5	1045	20,220	28,18	20,7	20,600	269
76	18,0	1045	17,610	20,18	18,0	17,885	272
77	18,0	1045	17,605	30,87	18,0	17,985	213
	$N = 19,125$					Mittel	259
			XVIII. $(\dot{H}^{11}\dddot{P}, Aq)$.				
78	17,8	1045	17,405	49,06	17,8	17,830	193
	$N = 21,375$.						

Die Resultate zeigen ein ganz ähnliches Verhältnifs wie das der vorhergehenden Säuren; die Wärmeentwickelung ist hier aber bedeutend gröfser als bei der Schwefelsäure und der Salpetersäure. Für die Verbindung der wasserfreien Phosphorsäure mit Wasser ist die Wärmeentwicke-

lung sehr grofs; als Mittel aus 4 Versuchen fand ich für die Lösung der wasserfreien Phosphorsäure eine Wärmeentwickelung von 2800°. Diese Gröfse ist aber dennoch zu klein, denn die Säure enthielt eine nicht unbedeutende Menge rothen Phosphor.

Von der phosphorigen Säure habe ich nur zwei Hydrate untersucht, nämlich die mit 3 und 6 Aequivalenten Wasser. Die Säure mit 3 Aequivalenten Wasser war flüssig, als der Versuch angestellt wurde, welches an demselben Tage geschah, da sie zubereitet wurde; am nächsten Tage aber war sie vollkommen in eine feste Krystallmasse verwandelt.

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			XIX. $(\dot{H}^3 \ddot{P}, Aq)$.				
79	22,8	1050	22,190	3,95	22,8	22,680	524
80	22,8	1050	22,480	11,82	22,8	22,965	448
81	22,8	1050	22,510	10,87	22,8	22,970	463
	$N = 10,375$					Mittel	466
			XX. $(\dot{H}^6 \ddot{P}, Aq)$.				
82	23,5	998	23,300	20,48	23,8	23,750	301
83	23,5	998	23,400	22,40	23,8	23,900	306
	$N = 13,75$					Mittel	304

Die Wärmeentwickelung der phosphorigen Säure ist also bedeutend kleiner als die der Phosphorsäure, sie liegt sehr nahe der der entsprechenden Hydrate der Schwefelsäure.

§. 17.

Versuche mit Essigsäure und Weinsteinsäure.

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			XXI. $(\dot{H}^{2,78} \bar{A}, Aq)$.				
84	22,2	1050	22,140	17,82	22,2	22,25	62
85	22,2	1050	22,060	21,60	22,2	22,20	74
	$N = 9,505$					Mittel	69
			XXII. $(\dot{H}^{3,46} \bar{A}, Aq)$.				
86	22,2	1050	22,025	18,70	22,2	22,13	60
87	22,2	1050	22,055	25,32	22,2	22,20	62
	$N = 10,265$					Mittel	61

Bei der Essigsäure tritt also gleichfalls eine Wärmeentwickelung hervor, wenn sie mit Wasser verdünnt wird, welche indessen nicht sehr grofs, aber doch bestimmt ist. In den Versuchen enthielt die Säure 2,78 und 3,46 Aequivalente Wasser. Ich habe sie nicht weiter in mehr verdünntem Zustande untersucht, weil die Resultate sehr klein ausfallen würden, und deshalb weniger genau bestimmbar sind.

Dagegen habe ich bei der *Weinsteinsäure* durchaus keine Wärmeentwickelung gefunden, indem eine concentrirte Lösung, welche 7 Aequivalente Wasser enthielt, untersucht wurde und durchaus keine Veränderung der Temperatur zeigte. Eine Wärmeentwickelung von 5 Wärmeeinheiten pro Aequivalent Säure würde sich schon durch ein Steigen des Thermometers gezeigt haben.

§. 18.

Versuche mit den Alkalien.

Wir wenden uns jetzt an eine ganz andere Klasse von Oxyden, an das Kali und das Natron. Die Lösung des Kalis konnte ich nicht weiter concentriren, als bis sie nur 6 Aequivalente Wasser enthielt; dampfte ich die Lösnng weiter ab, so krystallisirte während der Abkühlung ein Hydrat mit 4 Aequivalenten Wasser, und die Zusammensetzung der Lösung war $\dot{K}H^6$. Aus dieser Lösung wurden die Hydrate mit 8, 10 und 12 Aequivalenten Wasser dargestellt. — Das Kali enthielt nur eine Spur von Chlorkalium, war aber sonst völlig rein dargestellt.

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_e	R_1
			XXIII. ($\dot{K}\dot{H}^6$, Aq).				
88	16,2	1045	16,000	17,19	16,5	16,480	371
89	16,2	1045	15,990	20,12	16,5	16,545	367
	$N = 12,725$					Mittel	369
			XXIV. ($\dot{K}\dot{H}^8$, Aq).				
90	16,2	1045	16,200	25,49	16,5	16,625	261
91	16,2	1045	16,010	18,39	16,5	16,290	238
	$N = 14,975$					Mittel	251

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_c	R_1
			XXV. ($\dot{K}\dot{H}^{10}$, Aq).				
92	16,2	1045	15,980	24,66	16,2	16,190	153
93	16,2	1045	15,950	25,91	16,2	16,170	153
	$N = 17{,}225$					Mittel	153
			XXVI. ($\dot{K}\dot{H}^{12}$, Aq).				
94	16,2	1045	15,930	24,80	16,2	16,055	102
95	16,2	1045	15,935	32,51	16,2	16,140	128
	$N = 19{,}475$					Mittel	116

Die Wärmeentwickelung ist also hier sehr bedeutend; sie übersteigt die, welche die entsprechenden Hydrate der Schwefelsäure zeigen.

Mit dem Natron sind auch Versuche angestellt worden; die Resultate weichen ziemlich von denen des Kali ab, indem sie anfangs eine gröfsere und später eine viel kleinere Wärmeentwickelung zeigen, als die Versuche mit dem Kali.

Das Detail der Versuche ist folgendes:

No.	T	b_1	t_b	A	t_a	t_c	R_1
			XXVII. ($\dot{Na}\dot{H}^{6}$, Aq).				
96	20,2	1050	19,800	11,69	20,5	20,315	493
97	20,2	1050	19,675	21,66	20,5	20,615	485
	$N = 10{,}65$					Mittel	489
			XXVIII. ($\dot{Na}\dot{H}^{8}$, Aq).				
98	20,2	1050	20,060	25,95	20,5	20,540	251
99	20,2	1050	19,980	15,89	20,5	20,280	256
100	21,0	1045	20,520	23,70	21,0	21,000	273
101	21,0	1045	20,445	24,30	21,0	20,920	263
	$N = 12{,}90.$					Mittel	261
			XXIX. ($\dot{Na}\dot{H}^{10}$, Aq).				
102	20,2	1050	19,958	33,40	20,2	20,220	126
103	20,2	1050	19,955	23,37	20,2	20,145	129
104	21,4	1045	20,410	32,21	20,5	20,685	137
105	21,4	1045	20,350	14,30	20,5	20,465	127
	$N = 15{,}15$					Mittel	130
			XXX. ($\dot{Na}\dot{H}^{12}$, Aq).				
106	20,0	1050	19,940	36,85	20,0	20,050	55
107	20,0	1050	19,925	38,95	20,0	20,055	61
108	20,4	1045	20,30	26,93	20,4	20,390	61
109	20,4	1045	20,20	26,62	20,4	20,280	55
	$N = 17{,}40$					Mittel	58

Die bedeutende Abnahme der Wärmeentwickelung mit der zunehmenden Wassermenge des Hydrat war mir unerwartet; ich verdoppelte daher die Versuche der letzten drei Versuchsreihen, aber das Resultat blieb unverändert, obgleich die neuen Versuche ($b_1 = 1045$) mit einer aufs Neue dargestellten Lösung und in einem anderen Calorimeter angestellt werden.

§. 19.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Versuche zusammengestellt.

$(R\dot{H}^a, Aq)$.

a	R						
	$\overset{\cdot\cdot\cdot}{S}$	$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$	$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$	$\overset{\cdot\cdot\cdot}{P}$	$\bar{A}$	$\dot{K}$	$\dot{Na}$
1	1078	945					
2	678	680[1])					
3		511	690	466	65		
4	393	470					
5		339	441				
6	280	273		304		369	487
7			337				
8		174				251	261
9			259				
10		119				153	130
11			193				
12						116	58

Aus dieser Zusammenstellung lassen sich folgende allgemeine Sätze heraus lesen:

Die in Wasser löslichen Hydrate der verschiedenen Oxyde entwickeln Wärme, wenn sie mit Wasser gemischt werden.

Die Gröfse der Wärmeentwicklung ist von der Natur des Oxydes und von der Wassermenge, welche das Hydrat enthält, abhängig.

Wenn ein Hydrat mit einer gewissen Menge Wasser gemischt wird, dann ist die entwickelte Wärmemenge von der Natur des Hydrats und von der Menge des hinzugesetzten

1) Diese Gröfse ist interpolirt von VI und VII.

setzten Wassers abhängig, ohne deshalb mit der Wassermenge proportional zu seyn.

Die Wärmemenge steigt mit der hinzugesetzten Wassermenge, und erreicht erst ein Maximum von bestimmbarer Gröfse, wenn die Menge des Wassers unendlich grofs wird.

Man könnte vielleicht bezweifeln, ob die Wärmeentwicklung erst durch Verdünnung mit einer unendlich grofsen Wassermenge ein Maximum erreiche. Es ist natürlicherweise unmöglich dieses zu beweisen; es läfst sich aber zeigen, dafs z. B. die Schwefelsäure in jedem beliebigen Verdünnungsgrade Wärme entwickelt, wenn sie ferner mit Wasser verdünnt wird; in sofern nämlich, dafs der Versuch mit der erforderlichen Genauigkeit angestellt werden kann. Ich habe zwei sehr verdünnte Lösungen von Schwefelsäure untersucht: die eine enthielt 80 und die andere 90 Aequivalente Wasser für jedes Aequivalent Schwefelsäure; durch Verdünnung der ersteren mit 160 und der letzteren mit 135 Aequivalenten Wasser zeigte sich eine Wärmeentwickelung von respective 19 und 14 Wärmeeinheiten für das Aequivalent der Säure.

Ich bediente mich dazu eines Apparats, den ich später näher beschreiben werde, und der hauptsächlich aus zwei Behältern von 1500 und 2000 Cubikcent. Inhalt bestand, von denen der eine die verdünnte Säure, der andere das Wasser enthielt. Aus der Temperatur des Wassers (t_b), der Säure (t_a) und der entstandenen Mischung (t_c) berechnet sich die Wärmeentwickelung nach der Formel:

$$W = [b + 0{,}03\,(a + b) + 38]\,(t_c - t_b) + (t_c - t_a)\,a$$

indem a die in der Säure, dessen Gewicht A ist, enthaltene Wassermenge bezeichnet.

Das Detail der Vergleiche ist das folgende:

No.	T	b	t_b	A	a	t_a	t_c	W
				XXXI. $(\dot{H}^{50}\dddot{S},\ \dot{H}^{160}) = 19^c$.				
110	18,5	1000	18,33	528	500	18,96	18,60	113
111	18,5	1000	18,28	528	500	18,70	18,48	107
112	18,5	1000	18,27	528	500	18,68	18,465	103
113	18,5	1000	18,26	528	500	18,62	18,445	112
				XXXII. $(\dot{H}^{90}\dddot{S},\ \dot{H}^{135}) = 14^c$.				
114	20,4	900	19,98	630	600	21,18	20,48	71
115	20,4	900	19,61	630	600	21,24	20,29	91
116	20,4	900	19,44	630	600	21,13	20,14	94

Die Wärmeentwickelung ist hier ganz entschieden; sie beträgt im Mittel 109 und 85 Wärmeeinheiten, liegt also ganz aufserhalb der Beobachtungsfehler; denn es ist eine Wahrscheinlichkeit von $\frac{19}{27}$ oder ungefähr $\frac{2}{3}$ dafür, dafs das Resultat nicht über $\pm 10^c$ von dem wahren Werthe abweiche. Die Gränze der Beobachtungsfehler ist $\pm 30^c$; für diese ist aber nur eine Wahrscheinlichkeit von $\frac{1}{77}$. Berechnet für das Aequivalent der Säure ist die Wärmeentwickelung 19 und 14 Wärmeeinheiten, welche Gröfsen nur um wenige Einheiten von den wahren Werthen abweichen können.

Ich werde jetzt versuchen eine Theorie dieser Erscheinungen zu geben, oder wenigstens eine Hypothese aufstellen, nach welcher diese ihre Erklärung finden können, und eine mathematische Untersuchung der Erscheinung erleichtert wird.

§. 20.

Theorie der Wärmeentwickelung.

Die Atomtheorie ist für die Chemie von aufserordentlich grofsem Nutzen gewesen, indem sie viele chemische Erscheinungen auf eine einfache Art zu erklären im Stande gewesen ist. Ich werde daher versuchen sie auch auf die vorliegenden Erscheinungen anzuwenden. Bisher hat sich die Atomtheorie namentlich nur mit der Masse, mit dem Gewichte der Körper beschäftigt, hier werde ich aber versuchen sie auf die den Körpern inwohnenden Kräften anzuwenden.

Denken wir uns die Körper aus Atomen bestehend, so können wir die den Körpern inwohnenden Kräfte als eine Bewegung der Atome denken und wollen diese als eine einfach kreisende betrachten. In jeder Flüssigkeit findet also eine kreisende Bewegung der Moleküle oder zusammengesetzten Atome statt; in sofern die Flüssigkeit eine chemische Verbindung im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, sey die kreisende Bewegung für alle Moleküle dieselbe, sie haben alle denselben Schwingungsradius und dieselbe Winkelgeschwindigkeit. In zwei verschiedenen Flüssigkeiten kann aber die Bewegung eine verschiedene seyn, indem theils der Schwingungsradius, theils die Winkelgeschwindigkeit verschieden seyn kann. In jeder homogenen Flüssigkeit, wie z. B. die wässerigen Lösungen, sey aber die Winkelgeschwindigkeit für alle Moleküle dieselbe. Wenn also zwei Flüssigkeiten mit einander gemischt werden, dann werden alle Moleküle der gemischten Flüssigkeit dieselbe Winkelgeschwindigkeit annehmen, und wir wollen vorläufig annehmen, unter Beibehaltung ihrer ursprünglichen Schwingungsradien. *Der durch diese Ausgleichung der Winkelgeschwindigkeit entstandene Verlust an lebendiger Kraft ist proportional mit der durch die Mengung entstandenen Wärmeentwickelung.*

Ich werde jetzt versuchen dieses in Formeln auszudrücken. Es sey M die Masse, r der Schwingungsradius und φ die Winkelgeschwindigkeit für eine bestimmte Flüssigkeit. Die lebendige Kraft der Flüssigkeit ist also

$$X = M r^2 \varphi^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

Ist die Flüssigkeit keine chemische Verbindung, sondern ein Gemenge, dann ist das r eine Function, welche durch die Formel

$$r^2 = \frac{m\varrho^2 + m_1\varrho_1^2 + \ldots}{m + m_1 + \ldots}$$

auszudrücken ist, indem $m m_1 \ldots$ die speciellen Massen und $\varrho \varrho_1$ ihre entsprechenden Schwingungsradien sind. Der Werth für r verändert sich aber nicht, so lange die Flüssigkeit dieselbe ist, und wir behalten also die Formel (23).

Für eine andere Flüssigkeit sey die lebendige Kraft

$$X_1 = M_1 r_1^2 \varphi_1^2$$

indem die Buchstaben eine ähnliche Bedeutung haben wie oben. Wenn nun diese beiden Flüssigkeiten nach der Mischung dieselbe Winkelgeschwindigkeit, $\varphi_{,,}$, annehmen, so ist der Verlust an lebendiger Kraft, durch die Formel

$$V = Mr^2\varphi^2 + M_1 r_1^2 \varphi_1^2 - (Mr^2 + M_1 r_1^2)\varphi_{,,}^2 \quad . \; . \; . \; . \; (24)$$

zu bezeichnen.

Es gilt jetzt die resultirende Winkelgeschwindigkeit $\varphi_{,,}$ zu bestimmen; sie ist nach den Gesetzen der Mechanik durch die Formel

$$\varphi_{,,} = \frac{Mr^2\varphi + M_1 r_1^2 \varphi}{Mr^2 + M_1 r_1^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (25)$$

auszudrücken, und setzen wir diesen Ausdruck in die Formel (24)., so erhalten wir

$$V = Mr^2\varphi^2 + M_1 r_1^2 \varphi_1^2 - \frac{(Mr^2\varphi + M_1 r_1^2 \varphi_1)^2}{Mr^2 + M_1 r_1^2}.$$

Wenn die Rechnung ausgeführt wird, fallen alle Glieder, welche die vierte Potenz der Radien enthalten, hinweg, und der Ausdruck ist dann:

$$V = \frac{Mr^2 M_1 r_1^2}{Mr^2 + M_1 r_1^2} (\varphi - \varphi_1)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; (26)$$

oder: *der Verlust an lebendiger Kraft ist gleich dem Producte der Trägheitsmomente, dividirt durch die Summe derselben und multiplicirt mit dem Quadrate der Differenz der beiden Winkelgeschwindigkeiten;* die Wärmeentwickelung ist dann proportional dieser Gröfse.

Ich werde jetzt versuchen dieses Resultat auf die Versuche anzuwenden. Es sey Q das Verhältnifs zwischen der Wärmeentwickelung und dem Verlust an lebendiger Kraft; die Formel für die Wärmeentwickelung wird dann

$$W = \frac{Mr^2 M_1 r_1^2}{Mr^2 + m_1 r_1^2} (\varphi - \varphi_1)^2 \, Q.$$

Lassen wir in dieser Formel M, r und φ sich auf das Wasser beziehen, M_1, r_1 und φ_1 dagegen auf das damit zu vermischende Oxyd oder Hydrat, z. B. $H\ddot{S}$, und bezeichne

M die Masse von a Atomen Wasser, M_1 die Masse von a_1 Atomen Schwefelsäure ($\dot{H}\ddot{S}$), so erhalten wir, indem wir

$$M = am$$
$$M_1 = a_1 m_1$$
$$\frac{m_1 r_1^2}{m r^2} = n$$

setzen, folgenden Ausdruck für die entwickelte Wärme:

$$W = \frac{a a_1 m_1 r_1^2 (\varphi - \varphi_1)^2}{a + a_1 n} Q \;.\;.\;.\;.\;. \; (27).$$

In dieser Formel sind aber $m_1 r_1^2 (\varphi - \varphi_1)^2 Q$ und n constante Gröfsen, nämlich unabhängig von der Anzahl der Atome, und behalten also denselben Werth in allen Combinationen zwischen dem Wasser und dem speciellen Hydrat, hier die Schwefelsäure. Wir wollen die erste dieser Gröfsen durch C bezeichnen und setzen also

$$m_1 r_1^2 (\varphi - \varphi_1)^2 Q = C \;.\;.\;.\;.\;. \; (28).$$

Ferner beziehen sich alle Versuche auf 1 Atom Schwefelsäure, und es ist also

$$a_1 = 1.$$

Durch Substitution dieser Gröfsen wird dann unsere Formel

$$W_a = \frac{a}{a + n} C \;.\;.\;.\;.\;. \; (29).$$

Es ist also W_a die durch die Mischung von einem Atom Schwefelsäure ($\dot{H}\ddot{S}$) mit a Atomen Wasser entstandene Wärmeentwickelung, welche nach der allgemeinen Bezeichnung durch folgende Formel auszudrücken ist

$$W_a = (\dot{H}\ddot{S},\ \dot{H}^a).$$

In der Formel (29) sind die Gröfsen C und n unbekannte Gröfsen; sie lassen sich aber durch die beobachteten Werthe von W_a berechnen.

Die Werthe der Formel (29) für $a = 1, 2, 3, 4, 5$ sind von den meisten Beobachtern bestimmt, und unter den erhaltenen Resultaten stimmen die von Favre und Silbermann [1]) mit denen von Abria [2]) sehr nahe überein.

1) *Compt. rend.* *XXIV*, *p.* 1081.

2) *Ann. de Ch. et de Phys.* *XII*, *p.* 167.

Die Resultate sind nämlich:

a	W_a	
	Favre u. Silbermann.	Abria.
1	396^c	394^c
2	580	581
3	685	693
4	749	762
5	800	806

Aus diesen Gröſsen habe ich die Mittelwerthe genommen und dann nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe für C und n berechnet Das Resultat ist

$$C = 1085^c{,}5$$
$$n = 1{,}7446.$$

Setzen wir diese Werthe in die Formel (29), so erhalten wir

$$W_a = (\dot{H}\ddot{S},\ \dot{H}^a) = \frac{a}{a + 1{,}7446}\, 1085^c \quad \ldots\ldots \quad (30)$$

durch welche Formel dann die Wärmeentwickelung berechnet wird, wenn man statt a die respective Anzahl der Wasser-Atome setzt.

Auf diese Weise berechnen sich nun folgende Werthe:

a	W_a		
	Theorie.	Favre u. Silbermann.	Abria.
$\frac{1}{8}$	73^c	58^c	
$\frac{1}{4}$	136	115	
$\frac{1}{2}$	242	223	
1	395	396	394^c
2	580	580	581
3	686	685	693
4	756	749	762
5	805	800	806
6	841	834	
7	871	869	
8	891	889	
9	909	909	

Die Uebereinstimmung der nach der Formel berechneten Werthe mit dem directen Resultate der Versuche ist bei

den neun letzten vollkommen. Die Abweichungen in den drei ersten Gröfsen haben wahrscheinlich ihren Grund in Beobachtungsfehlern; denn wenn man bedenkt, dafs z. B. im ersten Versuche die Schwefelsäure mit nur $\frac{1}{11}$ Theil ihres Gewichtes Wasser verdünnt worden ist, so ist es einleuchtend, dafs sehr kleine Fehler im Abwägen des Wassers einen grofsen Einflufs auf das Resultat haben können. Ein Fehler im Gewichte des Wassers, welcher nur 0,005 des Gewichtes der Säure beträgt, würde die gegenwärtige Abweichung hervorbringen.

Setzen wir in die Formel (29) und (30) $a = \infty$, dann ist

$$W_\infty = C = 1085^c.$$

Die Bedeutung der Constante C ist also diejenige Wärmemenge, welche ein Atom Schwefelsäure, $\dot{H}\dddot{S}$, durch Verdünnung mit unendlich vielem Wasser hervorbringen würde; und dieses ist zugleich das Maximum, welches der Formel entspricht. Natürlich kann man dieses Maximum nie erreichen, weil die Wassermenge dann unendlich grofs seyn sollte; aber man kann sich ihr bedeutend nähern. In den obigen Versuchen (I.) ist die Schwefelsäure mit ungefähr 600 Atomen Wasser verdünnt worden, und dadurch eine Wärmeentwickelung von 1078^c erhalten. Es ist nun die Frage, wie viele Wärmeeinheiten könnte diese Säure durch Verdünnung mit Wasser bis ins Unendliche noch entwickeln? Die Frage läfst sich folgendermafsen beantworten:

Durch Verdünnung mit unendlich vielem Wasser entwickelt die Säure $\dot{H}\dddot{S}$

$$W_\infty = C$$

durch Verdünnung mit a Atomen Wasser

$$W_a = \frac{a}{a+n} C.$$

Die Differenz dieser Gröfsen ist diejenige Wärmemenge, welche die Säure $\dot{H}^{a+1}\dddot{S}$ durch Verdünnung mit unendlich vielem Wasser entwickeln würde. Nennen wir diese Gröfse R; dann ist

$$R_a = (\dot{H}^{a+1}\dddot{S},\ \dot{H}^\infty) = \frac{n}{a+n} C \ldots\ldots (31)$$

Setzen wir in dieser Formel $a = 600$, so ist

$$R_{600} = 3^c.$$

Zu dem durch die Versuchsreihe (I.) gefundenen Werthe müssen wir also noch 3^c addiren, um den der Gröfse C entsprechenden Werth zu finden; dadurch wird

$$C = 1081^c \text{ Versuch}$$
$$C = 1085^c \text{ Theorie.}$$

Die Uebereinstimmung ist fast vollkommen; der theoretische Werth, welcher aus den zwischen 400 und 800^c liegenden Werthen von W_a berechnet ist, weicht nur um 4^c ab von dem, welchen der Versuch gegeben hat.

Corrigirt man auf ähnliche Weise das R_1 der 4 Versuchsreihen mit der Schwefelsäure, damit es das R_a ausdrücken könne, so erhält man

a	Ra	
	Theorie.	Versuch.
0	1085	1081
1	690	682
3	399	396
5	280	283

Es ist oben durch den Versuch diejenige Wärme bestimmt worden, welche eine 80 und 90 Atome Wasser enthaltende Säure durch Verdünnung mit einer gewissen Menge Wasser entwickelt; wir wollen jetzt diese Gröfse durch die Formel berechnen. Der Formel (15) zufolge ist

$$(\dot{H}\dddot{S},\ \dot{H}^a) + (\dot{H}^{a+1}\dddot{S},\ \dot{H}^b) = (\dot{H}\dddot{S},\ \dot{H}^{a+b}),$$

also

$$(\dot{H}^{a+1}\dddot{S},\ \dot{H}^b) = (\dot{H}\dddot{S},\ \dot{H}^{a+b}) - (\dot{H}\dddot{S},\ \dot{H}^a),$$

oder

$$(\dot{H}^{a+1}\dddot{S},\ \dot{H}^b) = W_{a+b} - W_a.$$

Durch Substitution zufolge der Formel (29) erhält man

$$(\dot{H}^{a+1}\dddot{S},\ \dot{H}^b) = \frac{bnC}{(a+n)(a+b+n)} \quad \ldots . \quad (32),$$

welche Formel sowohl die Formel (29) als (30) enthält, je nachdem man $a = o$ oder $b = \infty$ setzt.

Aus dieser Formel berechnen sich nun die den Versuchsreihen (XXXI.) und (XXXII.) entsprechenden Werthe; man findet 15 und 12ᵉ, während der Versuch 19 und 14ᵉ gegeben hat, und also stimmen auch hier die Theorie und der Versuch hinlänglich überein.

Die Formel (29) ist also auf eine hypothetische Molekülarbewegung gegründet und stimmt mit den Resultaten der Versuche überein; daraus läfst sich doch aber nicht schliefsen, dafs die Constanten der Formel in der That die ihnen beigelegte Bedeutung haben; es wäre möglich, dafs eine andere Hypothese zu demselben Endresultat führen könnte. Es ist daher nothwendig zu untersuchen, ob die Constanten in anderen Theilen der Wissenschaft mit derselben Bedeutung auftreten können.

§. 21.

Digression in die Volumentheorie.

Es ist bekannt, dafs das Volumen der verdünnten Schwefelsäure kleiner ist als das ihrer Bestandtheile. Durch die Mengung dieser beiden Flüssigkeiten ziehen sie sich also zusammen auf ein geringeres Volumen. In der aufgestellten Hypothese haben wir keine Rücksicht genommen auf das Volumen der Bestandtheile und der Contraction durch die Mischung, und haben angenommen der Schwingungsradius bleibe constant für alle Combinationen. Die Contraction deutet aber darauf hin, dafs dem nicht so sey.

Es ist auch sehr wahrscheinlich, dafs, wenn eine solche kreisende Bewegung existiren könnte, alle Moleküle derselben Flüssigkeit ein gleiches Volumen ausfüllen; denn erst dadurch würde eine vollkommene Homogenität entstehen, jedes Molekül kann dann ein anderes ersetzen. Alle Moleküle mit den ihnen eigenthümlichen Bahnen sind dann von gleich grofsen Kugeloberflächen begränzt.

Wollen wir nun annehmen, dafs für ein einzelnes Molekül das Trägheitsmoment mr^2 sey, dafs aber der Radius der das Molekül begränzenden Kugeloberfläche ϱ sey, so kann die Masse des Moleküls, ohne dafs sich die lebendige

Kraft ändert, durch eine andere Masse μ, die sich ganz auf der Kugeloberfläche befindet, ersetzt werden, wenn

$$m r^2 = \mu \varrho^2 \quad \ldots . \quad (33)$$

ist, d. h. wenn die Trägheitsmomente unverändert bleiben. Wir wollen nun annehmen, dafs für eine andere Flüssigkeit das Trägheitsmoment des Moleküls

$$m_1 r_1^2 = \mu_1 \varrho_1^2$$

sey, und dafs die Moleküle der beiden Flüssigkeiten, wenn sie gemischt werden, dieselbe Winkelgeschwindigkeit und dasselbe Volumen annehmen. Wir haben oben gefunden, dafs die Wärmeentwickelung proportional ist mit dem Verluste an lebendiger Kraft, welche durch die Ausgleichung der Winkelgeschwindigkeit entspringt. Es ist deshalb natürlich anzunehmen, dafs die Ausgleichung des Volums ohne Aenderung der lebendigen Kraft vor sich gehe.

Denken wir uns nun a Moleküle der ersten Flüssigkeit auf ein Molekül der letzteren einwirkend, und dafs durch diese Einwirkung alle Moleküle dasselbe Volumen annehmen, unter Beibehaltung der lebendigen Kraft, so ist der Radius des veränderten Volumen durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\frac{a \mu \varrho^2 + \mu_1 \varrho_1^2}{a \mu + \mu_1} = \varrho_*^2 \quad \ldots . . \quad (34).$$

Setzen wir nun in diese Formel für μ und μ_1 die Werthe nach (33), also

$$\mu = m \frac{r^2}{\varrho^2}$$

$$\mu_1 = m_1 \frac{r_1^2}{\varrho_1^2},$$

dann resultirt die folgende Formel:

$$\varrho_*^2 = \frac{a m r^2 + m_1 r_1^2}{a m r^2 \varrho_1^2 + m_1 r_1^2 \varrho^2} \varrho^2 \varrho_1^2 \quad \ldots . . \quad (35).$$

In dieser Formel sind alle Gröfsen mit Ausnahme von r und r_1 bekannt; sie treten hier auf in ähnlicher Weise wie in der Formel (26), und ihr Verhältnifs kann ebenso wie dort bestimmt werden. Setzen wir ebenso wie dort

$$\frac{m_1 r_1^2}{m r^2} = n,$$

so wird die Formel (35) folgende:

$$\varrho_a^2 = \frac{a+n}{a\varrho_1^2 + n\varrho^2}\varrho^2\varrho_1^2 \quad \ldots\ldots (36).$$

In dieser Formel sind nun alle Gröfsen bekannt. Das ϱ ist nämlich die dritte Wurzel aus dem Atomenvolumen; wenn also N die Atomzahl ($O=1$) und p das specifische Gewicht der Verbindung ist, so ist

$$\varrho = \left(\frac{N}{p}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Auf diese Weise lassen sich ϱ, ϱ_1 und ϱ_a berechnen. Der Formel (36) zufolge ist

$$n = \frac{a(\varrho_1^2 - \varrho_a^2)\varrho^2}{(\varrho_a^2 - \varrho^2)\varrho_1^2}.$$

Berechnet man den Werth für n aus den Resultaten, welche $a=1$, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11 und 14 entsprechen, so erhält man

$$n = 1{,}762,$$

während wir oben aus der Wärmeentwickelung

$$n = 1{,}745$$

fanden.

Setzen wir den letzten Werth $n=1{,}745$ in die Formel (36) und berechnen daraus die Werthe ϱ_a, so erhalten wir

a	ϱ_a	
	Versuch.	Theorie.
1	1,272	1,267
2	1,194	1,192
3	1,132	1,133
8	1,091	1,089

Wir haben also hier das Gesetz für das Volumen der verschiedenen Mischungen von Schwefelsäure und Wasser auf derselben theoretischen Grundlage wie oben das Gesetz für die Wärmeentwickelung entwickelt, und die Resultate der theoretischen Formel stimmen mit den Versuchen wenigstens annäherungsweise; ferner haben wir die in den beiden Hauptformeln (29) und (36) auftretende Gröfse n

einerseits aus der Wärmeentwickelung und anderseits aus dem specifischen Gewichte berechnet, und für dieses Verhältnifs der Trägheitsmomente des Schwefelsäurehydrats und des Wassers, nach der ersten Methode die Zahl 1,745 und nach der letzten die Zahl 1,762 gefunden. Diefs Alles deutet darauf hin, dafs die aufgestellte Hypothese einigermafsen der Wahrheit entspreche, und es ist interessant, dafs die allgemeinen Gesetze der Bewegung sich auf die Molekülarbewegung anwenden lassen und wenigstens dazu beitragen können, die Gesetze, wenn auch nicht die wirkliche Ursache, zu finden.

Bekanntlich hat schon vor mehreren Jahren Langberg [1]) das specifische Gewicht dieser Verbindungen durch empirische Formeln auszudrücken versucht und gelangte dadurch zu einem der Formel (31) analogen Ausdruck für die Maximumscontraction. Er hat auch damals aufmerksam gemacht, dafs die Resultate der Versuche von Hefs sich durch diese Formel einigermafsen ausdrücken lassen.

Schon vor einigen Jahren hatte ich die Formel (29) auf ganz anderem Wege gefunden, nämlich indem ich die Berthollet'sche Theorie auf die Zersetzungen der Salze anwendete, wo eine ganz ähnliche stufenweise Wärmeentwickelung auftritt, wie ich an einer anderen Stelle näher angeben werde. Ich wandte die Formel auf die Resultate von Favre und Silbermann an und sah, dafs sie diese befriedigte, ohne dafs ich damals mir die wahrscheinliche Ursache dieser Anwendung denken konnte. Später erst entwickelte ich die aufgestellte Hypothese, und gelangte dadurch zu derselben Formel.

Wir werden nachher mehrere Anwendungen der Formel (29) machen, namentlich mit Rücksicht auf die Zersetzung der Schwefelsäure.

Ich habe versucht die aufgestellte Theorie der Molekülarbewegung auf die Siedhitze anzuwenden, werde aber das Resultat erst dann mittheilen, wenn ich es durch Versuche

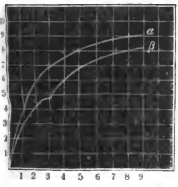
1) *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne V*, 319. Karsten Fortschritte d. Phys. V, 224.

über die specifische Wärme der Verbindungen und ihre Ausdehnung durch die Wärme gestützt habe.

Wir verlassen jetzt die Schwefelsäure und wenden uns zu den übrigen Oxyden.

§. 22.

Die Salpetersäure befriedigt nicht die Formel (29); wir wollen den Grund suchen. Dieser Formel entspricht nämlich eine rechtwinkliche Hyperbel mit dem Anfangspunkte der Coordinaten in der Linie selbst und mit Asymptoten der Axen parallel. Zeichnen wir aber die Curve für die Salpetersäure, so zeigt sich wohl eine totale hyperbolische Richtung der Curve, aber sie ist keine Hyperbel nach der genannten Formel, wie wir gleich näher sehen. In der Figur ist die Curve α die der Schwefelsäure entsprechende Hyperbel, die Curve β dagegen gehört der Salpetersäure an. Die Abcisse ist die Anzahl der hinzugefügten Wasseratome, das a der Formel (29), und die Ordinaten sind die entsprechenden Wärmeentwickelungen; jede Abtheilung entspricht 100°.



Der charakteristische Punkt der Curve β liegt bei $a=3$, also für

$$W_3 = (\dot{H}\ddot{\ddot{N}},\ \dot{H}^3).$$

Nun ist es aber bekannt, dafs gerade hier das Maximum der Siedhitze fällt, nämlich für die Verbindung $\dot{H}^4\ddot{\ddot{N}}$; die Siedhitze der Säure $\dot{H}^{a+1}\ddot{\ddot{N}}$ ist

86° für $a=o$
121° » $a=3$
100° » $a=\infty$.

Es deutet alles dieses darauf hin, dafs die Verbindung $H^4\ddot{N}$ eine chemische Verbindung sey, und dafs wir also in dem oberen und dem unteren Theil zwei verschiedene

Verhältnisse haben; nämlich im oberen Theile das Verhält nifs der Säure $\dot{H}^4 \overset{:\cdot:}{N}$ zum Wasser, im unteren dagegen ein verwickeltes zwischen der Säure $\dot{H}^4 \overset{:\cdot:}{N}$, der Säure $\dot{H} \overset{:\cdot:}{N}$, oder vielleicht gegen die wasserfreie Säure und dem Wasser. Es ist wahrscheinlich anzunehmen, dafs die mehr als 4 Atome Wasser enthaltenden Hydrate der Salpetersäure aus $\dot{H}^4 \overset{:\cdot:}{N}$ und Wasser bestehen, ganz analog wie bei der Schwefelsäure, dafs aber die weniger Wasser enthaltenden Hydrate aus der Säure $\dot{H}^4 \overset{:\cdot:}{N}$ und wahrscheinlich der Säure $\dot{H} \overset{:\cdot:}{N}$ zusammengesetzt sind. Die Säure $\dot{H}^2 \overset{:\cdot:}{N}$ würde nach dieser Betrachtungsweise analog den Säuren $\dot{H}^2 \dddot{S}$ und $\dot{H}^2 (N\dot{H}^4)$ zusammengesetzt seyn, nämlich $2(\dot{H}\overset{:\cdot:}{N}) + (\dot{H}^4 \overset{:\cdot:}{N})$.

Ist dieses der Fall, dann mufs die Wärmeentwickelung für die mehr als 4 Atome Wasser enthaltenden Hydrate mit der Formel (31) übereinstimmen; man findet

$$C = 474$$
$$n = 2{,}335,$$

woraus sich dann die folgenden Werthe berechnen:

a	$(\dot{H}^{a+4} \overset{:\cdot:}{N}, \dot{H}^x)$	
	Versuch.	Theorie.
0	472	474
1	341	331
2	275	255
4	•175	174
6	121	132

Die Resultate der Versuche sind hier um 2^c corrigirt, damit das R_1 zum R_a werde, und stimmen einigermafsen mit den theoretischen Werthen überein.

§. 23.

Die *Phosphorsäure* mit 3 Atomen ist wahrscheinlich eine chemische Verbindung und entspricht also der $\dot{H}\dddot{S}$ und $\dot{H}^4 \overset{:\cdot:}{N}$ in den vorhergehenden Anwendungen der Formel (31). Die Versuche stimmen gut mit der Formel überein, und

es berechnen sich folgende Werthe mittelst der Methode der kleinsten Quadrate

$$C = 692$$
$$n = 3{,}715,$$

indem a der Formeln die Anzahl Wasseratome, welche die Säure mehr als 3 erhält, bezeichnet. Nach der Formel (31) findet man dann

a	$(\dot{H}^{a+3}\dddot{P},\ \dot{H}^{\infty})$	
	Versuch.	Theorie.
0	693	692
2	446	450
4	352	333
6	264	265
8	199	219

Die Correction der Versuche geschieht nach der Formel (31) selbst, indem man für a die Anzahl Wasseratome setzt, welche in der entstandenen Mischung auf jedes Atom Säure kommt. Die Uebereinstimmung ist befriedigend.

Die Resultate, welche ich mit dem *Kali* und *Natron* erhalten habe, stimmen, namentlich die des letzteren, nicht gut mit der Formel überein; die starke Abnahme der Wärmeentwickelung mit der steigenden Anzahl der Wasseratome der Hydrate läfst sich nicht genau durch diese Formel ausdrücken. Es scheint als ob hier mehrere Verbindungen zwischen dem Wasser und dem Alkali existiren, analog dem Verhältnisse bei der Salpetersäure; eine Untersuchung über die specifische Wärme, die Siedhitze und über das specifische Gewicht würde diese Sache entscheiden können.

Indessen ist das allgemeine Verhältnifs der Alkalien analog dem der übrigen Oxyde; es tritt auch hier eine mit dem steigenden Wassergehalt abnehmende Wärmeentwickelung auf.

§. 21.

Das Verhältnifs der Oxyde gegen das Wasser scheint den entwickelten Erscheinungen zufolge eine wahre Wirkung der Masse zu seyn, wenigstens in sofern, dafs sich

keine chemische Verbindungen bilden. Die Lehre von den bestimmten Proportionen scheint also für die Lösungen nur eine sehr geringe Bedeutung zu haben; sie ist nur anwendbar auf die Bestandtheile der Lösung, nicht aber auf diese als ein Ganzes betrachtet. Das Auflösen in Wasser ist eine andere Wirkung als die chemische Vereinigung zwischen zweien oder mehreren Körpern. Wir werden aber bald sehen, ich werde es im nächsten Abschnitte zeigen, dafs die unbestimmten Proportionen auch unter ganz anderen Umständen, als die hier betrachteten, auftreten können.

(Fortsetzung folgt).

V. *Ueber die Zusammensetzung des Wernerits und seiner Zersetzungsproducte; von Gerhard vom Rath.*

(Schlufs von S. 103.)

Von der Zersetzung des Wernerits.

Wir betrachten hier Mineralien, welche zwar die Form des Wernerits, doch eine wesentlich andere Zusammensetzung zeigen.

A. [1]) *Umwandlungen, in denen das Kali das Natron verdrängt.*

1. Die Pseudomorphose des Glimmers nach Wernerit.

Zu Arendal in Norwegen finden sich in Quarz eingewachsen bis 6 Zoll grofse Wernerit-Krystalle, an denen indefs aufser dem ersten und zweiten quadratischen Prisma keine Krystallflächen sichtbar sind. Die Oberfläche dieser Krystalle ist ganz mit Glimmerblättchen bedeckt, deren vollkom-

1) Es soll hier nur der am meisten charakteristische Zug der Umwandlung bezeichnet werden.

kommene Spaltungsrichtung parallel geht der Krystallfläche, auf welcher sie aufgewachsen sind. Zerbricht man einen solchen Krystall, so zeigt sich das Innere ganz aus demselben Glimmer bestehend, dessen Blättchen hier indefs eine ganz verworrene und unregelmäfsige Lage haben. Eine ganz ähnliche Lagerung der Blättchen bemerkte Haidinger [1]) bei einem pseudomorphen Glimmer nach Pinit.

Zwischen dem den Krystall erfüllenden Glimmer findet man Quarz, kleine pyritoëdrische Krystalle von Schwefelkies und zuweilen auch eine kaum spaltbare, talkweiche grüne Masse, deren Uebergänge in den deutlichen Glimmer vermuthen lassen, dafs sie eine Zwischenstufe zwischen dem ursprünglichen Wernerit und dem pseudomorphen Glimmer ist. Der Glimmer ist grünlichweifs, vollkommen durchsichtig. Das specifische Gewicht ist

2,833,

Härte gleich Kalkspath bis Gyps. Im Kolben giebt er Wasser. Vor dem Löthrohre durchzieht er sich mit unzähligen feinen Sprüngen, verliert dadurch seine grüne Farbe und wird silberglänzend; unschmelzbar; in Salzsäure nur unvollkommen löslich. Diesen Glimmer untersuchte ich auf Fluor, indem ich die mit kohlensaurem Natron geschmolzene Masse mit Wasser auszog, und Thonerde und Kieselsäure mit kohlensaurem Ammoniak fällte. Der Niederschlag, welchen ich alsdann mit Chlorcalcium erhielt, löste sich nach dem Glühen vollständig in Essigsäure auf: er war also nur kohlensaurer Kalk. Die qualitative Prüfung auf Fluor vor dem Löthrohre gab ebenfalls ein negatives Resultat. Der kohlensaure Kalk, den die Analyse zeigt, war mit dem Auge in den vollkommen durchsichtigen Blättchen nicht zu erkennen. Seine Menge wurde aus dem direct gefundenen Kohlensäure-Gehalte berechnet. Die Analyse ergab:

1) G. Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie Bd. II, S. 378.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	44,49	—	44,49
Thonerde	29,32	25,35	24,91
Eisenoxyd		4,84	4,84
Kalkerde	1,91	2,37	2,14
Magnesia	0,21	0,50	0,36
Kali	—	6,71	6,71
Natron	—	1,11	1,11
Wasser	3,44	3,44	3,44
Kohlensaurer Kalk	11,11	11,11	11,11
			99,11.

Daraus ergeben sich folgende Sauerstoffmengen:

Kieselsäure		23,09	4
Thonerde	10,84	12,29	2,12
Eisenoxyd	1,45		
Kalkerde	0,61	2,17	0,38
Magnesia	0,14		
Kali	1,14		
Natron	0,28		
Wasser	3,06		

Die Analyse zeigt, dafs dieser pseudomorphe Glimmer von den bisher bekannten Kali-Glimmern vorzüglich sich unterscheidet durch die grofse Menge der Basen $\dot{R}$ zu den Basen $\dddot{R}$, dann durch die grofse Menge der Kieselsäure im Verhältnisse zu den Basen $\dot{R}$ und $\dddot{R}$.

Unser Glimmer stimmt in seiner Zusammensetzung am meisten überein mit einem von Rammelsberg [1]) untersuchten Kali-Glimmer von unbekanntem Fundorte. Er gab das Sauerstoffverhältnifs von

$$\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} : \dot{H} = 1 : 5,9 : 9,2 : 0,8.$$

Abgesehen vom Wassergehalt, der doch wohl nicht zur Constitution des Glimmers gehört, stellt also die von Rammelsberg für den von ihm untersuchten Glimmer auf-

1) Rammelsberg, 4. Supplement zum Handwörterbuch S. 76

gestellte Formel ebenfalls nahezu unsern pseudomorphen dar. Es ist die Formel

$$\dot{K}\dddot{Si} + 2\dddot{Al}\dddot{Si};$$

sie verlangt das Sauerstoffverhältnifs von

$$\dot{K} : \dddot{Al} : \dddot{Si} = 1 : 6 : 9.$$

Das specifische Gewicht des von Rammelsberg untersuchten Glimmers ist 2,831; die Abweichung vom Gewichte des unserigen liegt also innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Vergleichen wir die Zusammensetzung des pseudomorphen Glimmers mit der der Skapolithe, so zeigt sich das Verhältnifs der Menge der Kieselsäure zu derjenigen der schwachen Basen nicht wesentlich geändert. Grofse Veränderungen haben indefs die einatomigen Basen erfahren. Ihre Sauerstoffmenge beträgt wenig mehr als ein Drittel von derjenigen Menge, mit der sie in der ursprünglichen Mischung vertreten seyn mufsten, die Talkerde ist dabei bis auf eine sehr kleine Gröfse herabgesunken, Natron ist selbst weniger als im Mejonit enthalten; dagegen ist Kali in einer solchen Menge eingetreten, wie wir es im Allgemeinen in den Kaliglimmern zu finden gewohnt sind.

Um die Umwandlung des Wernerits in Glimmer genau zu verfolgen, nehmen wir an, das ursprüngliche Fossil sey ein Skapolith gewesen, zusammengesetzt nach der Formel

$$(\dot{Na} + 2\dot{Ca}^3)\dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\dddot{Si}.$$

Alle Wernerite, welche wir von Arendal kennen, ja fast alle aus Skandinavien und Amerika, welche untersucht worden sind, lassen sich auf jene Formel der Skapolithe zurückführen. Die völlig unverwitterten Wernerite, welche wir kennen, z. B. der Mejonit und der W. von Gouverneur, erhalten kein oder nur eine Spur Eisenoxyd; so wie ein Wernerit sich zersetzt, wird fast immer Eisenoxyd in reichlicher Menge aufgenommen: also sind wir berechtigt, im ursprünglichen Skapolith von schwachen Basen nur Thonerde anzunehmen. Den Gehalt an Natron und Kalk nehmen wir nach den einfachen Atomen-Verhältnissen an.

Wir setzen neben einander die Zusammensetzung des ursprünglichen Skapoliths I. und des Glimmers II., nachdem wir seinen Gehalt an Wasser und kohlensaurem Kalke abgezogen und von Neuem auf 100 berechnet haben.

					I.		II.
Kieselsäure	4 at	—	2311,11	=	49,5		52,63
Thonerde	2 at	—	1283,60	=	27,5		29,46
						Eisenoxyd	5,72
Kalkerde	2 at	—	703,30	=	15,0		2,52
						Magnesia	0,43
Natron	1 at	—	389,73	=	8,0		1,30
					100.	Kali	7,94
							100.

Wir finden hier auffallender Weise dasselbe Verhältnifs der Kieselsäure zur Thonerde im Glimmer wie im ursprünglichen Skapolith. Ganz genau wäre es, wenn im Glimmer die Thonerde wäre statt 29,46 29,21, ein Unterschied, welcher die Gränzen der Beobachtungsfehler nicht überschreitet; so wollen wir also annehmen, das Verhältnifs der Thonerde und Kieselerde so wie ihre Mengen seyen bei der Glimmerbildung unverändert geblieben. Mit Sicherheit können wir sagen, dafs, wenn auch diese Verhältnisse in etwas sich sollten geändert haben, keineswegs hier das Charakteristische der Glimmerbildung liegt — dieses allein aber suchen wir auf. Statt des Natrons im ursprünglichen Fossil, finden wir im Glimmer genau die gleiche Menge Kali, aufserdem noch eine geringe Menge überschüssigen Natrons, 12,48 Proc. verlor das ursprüngliche Mineral; statt dessen traten nun 5,72 Proc. Eisenoxyd, 0,43 Magnesia, 1,3 Natron; statt 12,48 Gewichtstheilen im Ganzen nur 7,45 Gewichtstheile, das Umwandlungsproduct ist aber schwerer als gewöhnlich die Skapolithe (mittleres Gewicht derselben ist 2,72); also mufste beim Krystallisiren des Glimmers eine Contraction der Masse stattfinden.

Diefs alles natürlich nur unter der Voraussetzung, dafs die Mengen der Kieselsäure und der Thonerde nicht ver.

ändert sind. — Das Wesentliche der Glimmerbildung beschränkt sich also

1) auf die Fortführung von Kalk,

2) auf die Zuführung von Eisenoxyd,

3) auf den Austausch des Kalis gegen das Natron.

Wir sehen uns in der Geologie nach Processen um, deren Resultate jene Wirkungen sind.

An keinen anderen Träger der wirkenden Stoffe können wir hier denken als an das fliefsende Wasser. Kein Wasser, welches durch unsere Gebirge gedrungen ist, ist frei von Kalk, Eisen, Kali und Natron.

In sofern Eintheilungen überhaupt in der Natur begründet sind, ist es gewifs richtig, die Zersetzungs-Processe einzutheilen in solche, welche schon durch die auflösende Wirkung der Gewässer allein vor sich gehen können, und in solche, bei denen ihr Kohlensäuregehalt eine wichtige Rolle spielt. Die Zersetzung des Feldspaths ist ein Beispiel für die erste Klasse, in welche die kalkfreien, alkalireichen Silicate gehören. Die Zersetzung kalkreicher Silicate verlangt die Mitwirkung der Kohlensäure. Ist diese indefs vorhanden, wenn auch nur in der Menge wie die meteorischen Wasser sie herabführen, so ist mit Sicherheit anzunehmen, dafs nun ein Gehalt an Kalk ein Mineral zur Verwitterung geneigt macht, dafs es um so leichter verwittert, je mehr Kalk es enthält.

Der Skapolith gehört zu den weniger kalk- und alkalireichen Mineralien, welche eine gröfsere Verbreitung haben. Schon hier können wir schliefsen, dafs die Verwitterung des Skapoliths beide Wege: den der kalk- und den der alkalireichen Mineralien durchlaufen wird. Unsere Untersuchungen werden aber zeigen, dafs die Verwitterungswege des Skapoliths noch sehr viel mannigfaltiger sind. —

G. Bischof hat an mehreren Orten seines grofsen Werkes den Zersetzungsprocefs des Kalksilicats durch Kohlensäure einer ausführlichen Untersuchung unterworfen.

Bei unserem Glimmer wurde nur ein Theil des entstandenen Kalkcarbonats fortgeführt, ein anderer blieb durch

das Umwandlungsproduct umschlossen, obgleich mit dem Auge nicht zu erkennen, zurück.

Kohlensaures Eisenoxydul gehört zu den häufigsten Bestandtheilen der Quellwasser, wie die in den schönsten Farben spielende Haut, die sich beim Stagniren derselben bildet, beweist. Treibt man [1]) durch Kochen aus dem frischen Quellwasser die absorbirte Luft aus, so findet man fast immer, dafs das Stickgas in weit gröfserer, das Sauerstoffgas in weit geringerer Menge darin vorhanden ist, als in der atmosphärischen Luft; während doch nach den Gesetzen über die Auflösung der Gase dieses Verhältnifs umgekehrt seyn mufste. Nun wohl, die Oxydation des Eisenoxyduls ist einer von den Processen, welche der aufgelösten atmosphärischen Luft den Sauerstoff entziehen. Das Eisenoxydul-Carbonat, welches in den fliefsenden Gewässern gelöst ist, mufs sich auf Kosten des absorbirten Sauerstoffs oxydiren und sich als Eisenoxydhydrat niederschlagen. Es steht Nichts im Wege, dafs wir uns hier das Eindringen des Eisenoxyds in die Zusammensetzung des Skapoliths gerade so denken, wie das *Verdrängen* der zahlreichen Mineralien durch Brauneisenstein.

Folgendes scheint uns der wahrscheinlichste Procefs, durch den das Eisenoxyd aufgenommen worden ist: Kohlensaures Eisenoxydul war im Wasser gelöst; das Eisenoxydul oxydirte sich, die freiwerdende Kohlensäure ergriff den Kalk des Skapoliths, und führte ihn als Bicarbonat fort, während das Eisenoxyd seine Stelle einnahm.

Wir kommen zu einem ungleich schwieriger zu erklärenden Punkte, der Verdrängung des Natrons durch das Kali. Denken wir uns ein natronreiches Mineral fortdauernd dem Einflusse einer an Kalicarbonat reichen Flüssigkeit unterworfen, so können wir mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs durch wechselseitige Zersetzung entsteht: Natroncarbonat, welches fortgeführt wird, und Kalisilicat, welches in die Zusammensetzung des Minerals eintritt. Zur Erklärung der Pseudomorphosen bedienen wir uns allein der

1) G. Bischof, a. a. O. Bd II, S. 107.

chemischen Gesetze. Was aber bei der Bildung eines völlig neuen Fossils jenen dunkeln Kräften der Krystallisation zukommt, in wiefern diese den chemischen Vorgang bedingt oder modificirt haben, ist und bleibt uns, wie jene Kräfte selbst, völlig verborgen. Darum gehört dieser Theil der pseudomorphen Bildung gar nicht in den Kreis der gegenwärtigen Untersuchung. —

Wir führen einige Thatsachen an, welche zu ihrer Erklärung ebenfalls ein Verdrängen des Natrons durch das Kali verlangen.

Von den so zahlreichen Mineralien, welche sich in Glimmer verwandeln können, ist es, soviel bekannt, nur der Nephelin, bei welchem ein ähnliches Verdrängen stattfinden mufste.

Der Nephelin enthält 15 bis 16 Proc. Natron und nur 5 bis 6 Proc. Kali. Wandelt sich ein solcher Nephelin in Kaliglimmer um, so mufs sein Natron bis auf eine Spur verschwinden; Kali mufs dagegen aufgenommen werden, da der Kaligehalt des Glimmers fast niemals unter 8 Proc. hinabgeht. Leider besitzen wir noch keine Analyse eines nach Nephelin pseudomorphen Glimmers.

Wandelt sich alkalifreier Cordierit durch die bekannten Zwischenglieder (Fahlunit, Pyrargilit etc.) in Kaliglimmer um, so scheint nach G. Bischof [1]) zuerst Natron aufgenommen, dieses später wieder durch Kali verdrängt zu werden.

Es ist gewifs mit Sicherheit anzunehmen, dafs die Umwandlung des Skapoliths in Glimmer nicht die Folge genau derselben Processe gewesen ist, welche wir geschildert haben, die Natur wählt bei derselben gewifs nicht die einfachen Wege; unserer Beobachtung sind jene Vorgänge ganz unzugänglich; wir wissen nicht einmal, wie die Verwandtschaften der Stoffe in so überaus verdünnten Lösungen, wie unsere Quellwasser sie darstellen, sich verhalten.

Diefs Alles sind, wie uns scheint, unübersteigliche Hindernisse zum wahren Verständnisse dieser wunderbaren

1) G. Bischof, über die Umwandlung des Cordierits, a. a. O. Bd. II

Vorgänge zu gelangen. Die Forschung kann hier nicht erklären wie es geschehen ist, sie mufs sich begnügen einzelne Processe zu kennen, durch die es geschehen seyn kann.

Jener pseudomorphe Glimmer findet sich auf den in Gneifs lagernden Schichten von Magneteisenstein zu Arendal. Dringen meteorische Wasser mit ihrem geringen Kohlensäuregehalte durch den Gneifs und die eisenhaltigen Schichten, so nehmen sie Kali und Eisenoxydulcarbonat auf.

Wie im Gneifs das Kali über das Natron weit vorherrscht, so mufs ein Gleiches auch in den Gewässern stattfinden, welche ihn durchdrungen haben. Sind jene beiden Stoffe in überschüssiger Kohlensäure gelöst, so haben wir alle Bedingungen, welche nöthig sind, um aus dem Skapolith Glimmer zu bilden. Wie aber nun eigentlich aus den Resten des ursprünglichen Minerals und aus den neuen durch die Gewässer hinzugeführten Stoffen ein völlig neues Fossil zur Krystallisation gelangt ist, scheint in ein undurchdringliches Dunkel gehüllt.

Wir führen zur Vergleichung mit unserer Glimmeranalyse die Resultate der Untersuchungen G. Bischof's [1]) an. Er untersuchte den pseudomorphen Glimmer nach Skapolith von Arendal I. und einen anderen von Pargas II. und fand:

	I.	II.
Kieselsäure	(65,82) [2])	46,75
Thonerde u. Eisenoxyd	27,37	26,15
Kalk	—	—
Magnesia	0,42	15,78
Kali	5,77	5,64
Natron	0,42	0,82
Glühverlust	0,20	0,63
Verlust	—	4,23
	100.	100.

1) G. Bischof, a. a. O. Bd. II, Abth. 5, S. 1433.

2) Die Kieselsäure ist aus dem Verluste bestimmt, und möchte daher wohl etwas zu hoch angegeben seyn.

Das Material zu I. war dasselbe, welches ich untersuchte. Woher das Abweichende von Bischof's und meiner Analyse rührt, weifs ich nicht anzugeben.

Die Sauerstoffmengen der Analyse II. habe ich, soweit die nicht vollständigen Bestimmungen es erlauben, so berechnet:

Kieselsäure	—	24,26
Thonerde	12,11	12,11
Magnesia	6,3	
Kali	0,96	7,47
Natron	0,21	

Setzt man das sich daraus ergebende Verhältnifs des O von $\dot{R} : \ddot{R} : \dddot{Si}$, nämlich 1 : 1,6 : 3,2 = 1 : 1,5 : 3, so erhält man die einfache Formel eines Magnesiaglimmers von Pargas (also von dem Fundorte jenes pseudomorphen Glimmers)

$$\dot{R}^3 \dddot{Si} + \ddot{R} \dddot{Si}$$ [1])

Dieses ist übrigens der einzige pseudomorphe Magnesiaglimmer, welcher bisher untersucht worden ist, und darum besonders interessant, weil der einzige Magnesiaglimmer, welchem er in der Zusammensetzung nahe kommt, von demselben Fundorte ist.

2. **Gelber Skapolith von Bolton in Massachusetts.**

Derb, hellgelb, nach zwei auf einander rechtwinklichen Richtungen vollkommen spaltbar, so dafs er sich leicht in lange quadratische Prismen theilt. Vor dem Löthrohre verliert er seine Farbe, wird milchweifs, schmilzt leicht und ohne Aufschäumen. Im Kolben giebt er Wasser. Fluor konnte ich nicht nachweisen. Härte zwischen Flufsspath und Apatit. Das specifische Gewicht ist

2,787.

Die physikalischen Eigenschaften dieses merkwürdigen Minerals deuten unverkennbar eine Zersetzung an. Kohlensauren Kalk konnte das Auge nicht erkennen. Die Analyse ergab:

1) Rammelsberg, 4. Suppl. zum Handwörterb. S. 77 ff.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	49,99	—	49,99
Thonerde	24,25	23,41	23,01
Eisenoxyd		1,64	1,64
Kalkerde	3,74	2,95	3,35
Magnesia	1,80	1,66	1,73
Kali	—	7,09	7,09
Natron	—	0,35	0,35
Wasser	4,23	4,23	4,23
Kohlensaurer Kalk	7,80	7,80	7,80
			99,19.

Daraus ergeben sich die Sauerstoffmengen:

Kieselsäure		25,94	4
Thonerde	10,75	11,19	1,73
Eisenoxyd	0,44		
Kalkerde	0,95		
Magnesia	0,69	2,93	0,45
Kali	1,20	$\dot{H}$	0,58
Natron	0,09		
Wasser	3,76		

Dieser Skapolith unterscheidet sich wie der Glimmer von den bisher betrachteten sogleich schon im Sauerstoffverhältnisse von $\dddot{Si} : \dot{R}$. Die einatomigen Basen sind wie beim Glimmer unter die Hälfte der durch die Formel

$$\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 2\ddot{R}\dddot{Si}$$

verlangten Menge herabgesunken. Die Basen $\ddot{R}$ sind ebenfalls in geringerer, das Wasser in gröfserer Menge vorhanden als bei irgend einer der bisher angeführten Analysen. Abgesehen von den physikalischen Eigenschaften spricht für die weit fortgeschrittene Zersetzung dieses Skapoliths der hohe Gehalt an Kieselsäure, die wenigen Procente Kalk und die grofse Menge Wasser, welche er zeigt. Es besteht in der That eine überraschende Analogie zwischen dieser Zusammensetzung und der des Glimmers: der Gehalt an Wasser, Kalkerde, Kali, Natron sind beiden fast gleich. Um auch hier eine genauere Vergleichung machen zu können,

zwischen der Zusammensetzung des gelben Skapoliths I. und unseres idealen II., habe ich die Analyse des ersteren nach Abzug des Gehalts an kohlensaurem Kalk und Wasser nochmals berechnet:

	I.	II
Kieselsäure	57,20	49,5
Thonerde	26,35	27,5
Eisenoxyd	1,88	
Kalkerde	3,84	15,0
Magnesia	1,98	
Kali	8,34	
Natron	0,41	8,0
	100.	100.

Während die Skapolithe ungewöhnlich 3 bis 4 Mal so viel Natron als Kali enthalten, zeigt dieser offenbar *verwitterte* 20 Mal mehr Kali als Natron. Sehr wichtig ist es zu bemerken, wie hier die Magnesia fast in doppelt so grofser Menge vorhanden ist, als wir sie in unveränderten Skapolithen finden. Obgleich ihre Menge noch nicht 2 Proc. erreicht, können wir mit Bestimmtheit sagen, dafs sie für den Zersetzungs-Procefs schon hier charakteristisch ist. In den beiden folgenden Analysen werden wir sie successive steigen sehen.

Die Processe, welche diese Zersetzung bewirkt haben sind im Allgemeinen ähnlicher Art gewesen, wie die beim Glimmer geschilderten. Fast $\frac{2}{3}$ des ursprünglichen Kalkgehalts wurden als kohlensaurer Kalk fortgeführt, ein Theil blieb vom Umwandlungs-Product. Das Kali ersetzte das Natron wie im Glimmer. Auch scheint ein Theil der Thonerde fortgeführt worden zu seyn, denn wir sehen sie tiefer sinken als in irgend einer der bisher angeführten Analysen. (Es ist der Sauerstoff der $\dddot{Si}$ zum Sauerst. von $\dddot{R} = 4:1,73$.)

Es ist sehr schwer, sich einen Begriff davon zu machen, wie die Thonerde fortgeführt worden ist; da ihr Silicat so schwer löslich ist, ein Carbonat nicht existirt. Vielleicht enthielten die Gewässer viel Chlorkalium, und es entstand durch wechselseitige Zersetzung kieselsaures Kali und Chlor-

aluminium, welches fortgeführt wurde. Die letztere Verbindung kennen wir als einen Bestandtheil des Meerwassers. Doch haben wir gar nicht einmal nöthig, die absolute Menge der Thonerde als verändert anzunehmen. Wurde Natron als Karbonat fortgeführt, Kali als Silicat zugeführt, so mufste eine Zersetzung erfolgen, welche ganz der obigen Analyse entspricht. Die Kieselsäure mufs dann procentisch zunehmen.

G. Bischof hat bewiesen [1]), dafs die Kieselsäure keineswegs in dem freien Zustande, wie die Analysen sie aufführen, in den Quellwassern existirt, dafs sie vielmehr eine entsprechende Menge von Alkalien sättigt. Kalisilicat wird durch freie Kohlensäure nicht zersetzt.

Die Zusammensetzung des gelben Skapoliths überrascht auch wegen des geringen Gehalts an Eisenoxyd, welches im Allgemeinen bei der Zersetzung dieser Mineralgattung in reichlicher Menge eintritt. Die Gewässer, welche diese Umwandlung bewirkten, mufsten sehr frei von Eisenoxydul-Carbonat seyn.

Das specifische Gewicht, welches wir gewöhnlich bei zunehmendem Kieselsäuregehalte und geringem Eisengehalte sinken sehen, ist auffallender Weise auch hier höher als bei den unverwitterten Skapolithen.

Man möchte unwillkührlich die Frage aufwerfen, warum dieses Mineral, in Vielem dem eben betrachteten Glimmer so ähnlich, nicht zu Glimmer geworden ist.

3. Rother Skapolith von Arendal.

Der Krystall, welchen ich untersuchte, zeigte nur das erste und zweite quadratische Prisma; die Farbe ziegelroth bis bräunlichroth; die Oberfläche rauh und ohne allen Glanz; die Spaltbarkeit fehlte gänzlich. Härte gleich Apatit. Vor dem Löthrohre verliert er seine Farbe, wird milchweifs, schmilzt nur *schwer*. Im Kolben giebt er Wasser. Das specifische Gewicht ist

2,852.

1) a. a. O. Bd. II. S. 769.

Die physikalischen Eigenschaften deuten unwidersprechlich auf eine weit fortgeschrittene Zersetzung. Diese Krystalle finden sich oft mehrere Zoll lang mit schwarzer Hornblende auf den Magneteisensteinlagern von Arendal. Die Analyse ergab:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	59,74	—	59,74
Thonerde }	23,86	16,44	16,20
Eisenoxyd }		7,90	7,90
Kalkerde	2,24	2,05	2,15
Magnesia	3,90	4,15	4,02
Kali	—	4,42	4,42
Natron	—	4,31	4,31
Wasser	1,83	1,83	1,83
			100,57

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure		31,00	4
Thonerde }	7,57	9,95	1,28
Eisenoxyd }	2,37		
Kalkerde }	0,61	4,12	0,53
Magnesia }	1,66		
Kali }	0,75		
Natron. }	1,10		

Dieser Wernerit zeichnet sich, wie die Analyse zeigt, von allen bisher betrachteten dadurch aus, dafs die Kieselsäure im Maximum, der Kalk im Minimum (der Gehalt an letzterem ist selbst niedriger als im Glimmer) ist. Sehr merkwürdig ist der gleiche Gehalt an Magnesia, Kali und Natron. Die gegenwärtige Analyse zeigt mit der vorigen eine unverkennbare Uebereinstimmung, im Gehalte an Kieselsäure und Kalkerde, dem Zurücksinken der schwachen Basen $\dddot{R}$, und im Vorherrschen des Kalis über das Natron.

Hierdurch bezeichnen wir auch die Spuren desselben weit verbreiteten Verwitterungsweges, den wir nach einander bei drei Zersetzungs-Producten verfolgen können. Der Austausch des Natrons gegen das Kali scheint am meisten geeignet, diese Verwitterung zu charakterisiren. Wenn

wir auf diese Weise in drei durch Verwitterung aus dem Wernerit entstandenen Substanzen, das Kali über das Natron vorherrschen sehen, in frischen Werneriten indeſs niemals gröſsere Mengen von Kali gefunden haben (selbst nicht in den beiden Nuttaliten), so sind wir berechtigt anzunehmen, daſs das Kali nur durch Verwitterung das Uebergewicht über das Natron in den Werneriten erhält. Diese Annahme werden wir fallen lassen, wenn hinreichende Gründe angeführt werden, daſs das von Stadtmüller und Thompson analysirte Mineral noch unzersetzt war. Thatsache ist, daſs von 40 Analysen mit scheinbar frischem Material 38 das Kali in weit geringerer Menge als das Natron angeben; von 7 Analysen mit zersetztem Material (darunter die beiden Glimmer von Bischof) 5 das Kali gegen das Natron herrschend zeigen, und zwei nicht viel mehr als eine Spur von Alkali überhaupt ergeben.

Die Analyse des rothen Wernerits zieht unsere Aufmerksamkeit besonders durch ihren Gehalt an Magnesia auf sich; er ist höher, als ihn eine mir bekannt gewordene Wernerit-Analyse angiebt. — Bischof sagt bei Betrachtung der Magnesiasilicate[1]), kein anderer Bestandtheil des Mineralreichs spiele bei der Umwandlung der Fossilien eine so ausgebreitete Rolle, wie die Magnesia, es sey diejenige Erde, welche ihren Ort am meisten wechsele. Wir haben durch ihn auch die Erklärung der Thatsache erhalten, daſs Magnesia, obwohl seltener, in Quellwasser als Kalk, dennoch viel häufiger als dieser bei Zersetzungsprocessen aufgenommen wird. Wir wissen nämlich durch Bischof's Experimente[2]), daſs Magnesiabicarbonat und Kalksilicat sich gegenseitig zersetzen in Magnesiasilicat und Kalkcarbonat. Dieser Proceſs erlaubt uns auch einen Blick in die gegenwärtige Umwandlung.

Ein wie häufiger Proceſs das Verdrängen der Basen durch Magnesia ist, zeigen die zahlreichen Umwandlungen in Speckstein, Kalk und Chlorit. Wenn wir in diesen

1) Bischof, a. a. O. Bd. I., S. 789.
2) Bischof, a. a. O. Bd. II., S. 489.

Fällen ein gänzliches Verdrängen des ehemaligen Minerals durch Magnesiasilicat sehen, was steht dann der Annahme entgegen, dafs beim rothen Wernerit ein Theil des Kalks durch Magnesiasilicat ersetzt worden sey.

H. Rose [1]) untersuchte mehrere veränderte Augite (Salite), und fand bei allen eine Zunahme der Kieselsäure und der Magnesia, und eine Abnahme des Kalks. Wenn Bischofs Ansicht gegründet ist, dafs nämlich durch den Einflufs der Gewässer Augit in Hornblende (Uralit) sich umwandelt, so mufs auch hier eine theilweise Verdrängung des Kalks durch Magnesia stattfinden.

Eine völlige Verdrängung vieler Mineralien durch Magnesiasilicat liegt vor unseren Augen. — Richtet sich einmal allgemeiner die Aufmerksamkeit der Chemiker auf die veränderten Mineralien, so wird man auch die Zwischenstufen bei den Umwandlungen, man wird die Combinationen der merkwürdigen Zersetzungs-Processe z. B. desjenigen in Glimmer und desjenigen in Serpentin kennen lernen. Es ist nicht zu verkennen, dafs der rothe Skapolith Züge von beiden Zersetzungen zeigt.

B. *Umwandlungen, in denen die Alkalien verschwinden und Magnesia aufgenommen wird.*

Schwarzer Skapolith von Arendal.

Die untersuchten Krystalle zeigten zwei mit einer starken Längsstreifung bedeckte Prismen und waren auf einer ganz gleichartigen Grundmasse aufgewachsen; die Farbe graulich-schwarz, der Strich graulich-weifs. Die Härte so gering, dafs das Wasser tief in die Masse eindrang. Von Spaltbarkeit zeigte sich keine Spur. Im Kolben giebt er viel Wasser; neben dem Eisen enthält er eine starke Spur von Mangan, welches sich beim Schmelzen mit Soda zeigte. Vor dem Löthrohr rundet er sich nur schwierig an den Kanten ab. Das specifische Gewicht ist

2,837.

1) H. Rose in Schweigger's Journal XXXV, S. 93; auch Bischof, a. a. O. II, 517.

das Auge konnte keinen eingemengten kohlensauren Kalk erkennen. Die Analyse ergab:

	I.	II.	III.
Kieselerde	29,52	—	29,52
Thonerde	15,41	16,13	15,77
Eisenoxyd	19,25	19,03	19,14
Kalkerde	8,94	9,10	9,02
Magnesia [1])	—	8,50	8,50
Kali	—	0,37	0,37
Natron	—	0,58	0,58
Wasser u. Bit.	10,89	10,89	10,89
Kohlens. Kalk	4,62	4,62	4,62
			98,45

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure		15,32	4
Thonerde	7,37	13,11	3,42
Eisenoxyd	5,74		
Kalkerde	2,56	6,19	1,62
Magnesia	3,42		
Kali	0,06		
Natron	0,15		
(Wasser		9,68	2,52)

Es bedarf keines Beweises, dafs die Zersetzung dieses Wernerits bereits weit fortgeschritten ist. Die physikalischen Eigenschaften und der bedeutende Glühverlust wären allein schon hinreichend, dieses auf eine überzeugende Weise darzuthun.

Das Verhältnifs der Basen Ṙ und R̈ zeigt sich nicht wesentlich gestört; doch ist die Kieselsäure in ihrem procentischen Gehalte so herabgesunken, wie wir es bisher noch nicht gefunden haben. Bei unserer Uebersicht über die Zusammensetzung der 7 analysirten Skapolithe haben wir die Bemerkung gemacht, dafs dieselben meist die Basen in einem etwas gröfseren Verhältnisse zur Kieselsäure enthal-

1) Die Magnesia wurde bei der Analyse mit kohlensaurem Natron nicht bestimmt.

halten, als die Formel es verlangt. Um so willkommener ist uns das Resultat der gegenwärtigen Analyse, weil sie uns im Gegensatze zu allen bisher betrachteten Umwandlungs-Producten Processe kennen lehrt, welche die Kieselsäure procentisch vermindern, und sowohl die starken als auch die schwachen Basen procentisch vermehren.

Wir suchen die Verhältnisse auf, wodurch ein Skapolith sich in diesen schwarzen Wernerit umwandeln könne. — Denken wir uns hier, wozu wir wohl genöthigt sind, die absolute Menge der Thonerde unverändert geblieben, so erkennen wir, dafs die Kieselsäure nicht nur nicht kann fortgeführt worden seyn, dafs vielmehr ihre absolute Menge wahrscheinlich noch gestiegen ist. Das Verhältnifs der Thonerde zur Kieselsäure ist nahezu wie 1 : 2, während bei den unveränderten Skapolithen die Menge der Kieselsäure stets etwas weniger beträgt als das Doppelte der Thonerde. Eine absolute Vermehrung der Kieselsäure, wenn sie wirklich hier stattgefunden, können wir uns im vorliegenden Falle wohl nur durch Aufnahme von Magnesiasilicat begreiflich machen. Es steht Nichts der Annahme im Wege, dafs gleichzeitig durch die Kohlensäure der Gewässer Kalk- und Alkalisilicat zersetzt, Kalk- und Alkali-Carbonat fortgeführt, und Magnesiasilicat zugeführt sey. Vom gelben Skapolith an sahen wir die Menge der Magnesia wachsen, hier erreicht sie ihr Maximum, und ist neben dem Eisenoxyd der einzige Stoff, durch dessen Aufnahme die Umwandlung vor sich gegangen ist. Die grofse Menge des Eisenoxyds ist hier offenbar hingeführt worden, wie es auf alle andere secundäre Lagerstätten, z. B. in Verdrängungs-Pseudomorphosen, hingeführt worden ist. Zersetzte die freie Kohlensäure, welche das Eisenoxydul in Auflösung erhielt, Kalksilicat, so mufste sich in demselben Augenblicke das Eisen als Eisenoxydhydrat niederschlagen und an die Stelle des Kalksilicats treten. Durch Aufnahme einer so grofsen Menge von Eisenoxyd sank natürlich der relative Gehalt an Kieselsäure und Thonerde. Wir sehen also bei diesem merkwürdigen Umwandlungs-Product:

eine absolute Vermehrung von	$\dddot{Si}$, $\dddot{Fe}$, Mg
eine absolute Verminderung von	$\dot{Ca}$, ($\dot{K}$), $\dot{Na}$
eine relative Vermehrung von	$\dddot{Fe}$, $\dot{Mg}$
eine relative Verminderung von	$\dddot{Si}$, $\dddot{Al}$, $\dot{K}$, $\dot{Na}$, $\dot{Ca}$

Drei der bisher von uns betrachteten Zersetzungsproducte: der Glimmer, der rothe und der schwarze Skapolith, kommen zu Arendal vor. Bei Betrachtung des Glimmers machten wir darauf aufmerksam, dafs die Gewässer, welche jene Umwandlung bewirkt haben, eine reichliche Menge von Kali enthalten mufsten, was sehr wohl anzunehmen sey, da das Magneteisensteinlager von Arendal von granitischem Gesteine umschlossen wird. Gewässer von ähnlicher Zusammensetzung haben auf den rothen Skapolith eingewirkt. Ganz anders müssen die Gewässer beschaffen gewesen seyn, welche das Umwandlungsproduct, welches wir augenblicklich betrachten, hervorgebracht haben. Nehmen wir an, die Lagerstätte des ursprünglichen Skapoliths sey nahe der Region gewesen, wo die durch das Gebirge dringenden meteorischen Wasser Feldspath in Kaolin umwandeln, so folgt mit Nothwendigkeit, dafs die Gewässer wie sie sich mit dem Kali des Feldspaths beladen, auch das Natron aus unserm Skapolithe ziehen mufsten. Es hat also durchaus nichts Widersprechendes, wenn wir behaupten, dafs dieselben Gewässer beide Umwandlungen, den Austausch des Natrons gegen das Kali und die gänzliche Entziehung der Alkalien, bewirkt haben können. Wir sehen aber hieraus, dafs eine vollkommene Erklärung des Chemischen der pseudomorphischen Processe eine viel genauere Kenntnifs der Lagerstätten eines Minerals verlangt, als wir uns verschaffen können. Möge hierin eine Entschuldigung liegen, dafs mir bei Erklärung der Umwandlungen so oft Nichts als Vermuthungen haben.

C. Umwandlungen, in denen die Alkalien verschwinden und Kalk aufgenommen wird.

Epidot in der Form von Wernerit (von Arendal).

Der Krystall, welchen ich zur Analyse verwandte, zeigte von Flächen nur das erste und zweite quadratische Prisma, indem das Ende abgebrochen war. Er mafs etwa 1 Zoll in der Länge und hatte $\frac{1}{2}''$ im Durchmesser. Mehrere andere kleinere Krystalle derselben Art waren wie der gröfsere auf einer dunkelgrünen Masse, *in welche die Krystalle fortsetzten,* aufgewachsen. Diese dunklere Masse war dem Ansehen nach Hornblende [1]). Wir finden in Höhlungen verwitternder Granaten Hornblende-Krystalle. Sollte nicht auch hier die Hornblende der dunkelen Grundmasse des pseudomorphen Skapolith-Krystalls aus *verwittertem* Skapolith entstanden seyn?

Das Innere des fraglichen pseudomorphen Krystalls ist eine hellgrüne körnige Masse, deren Körner unvollkommen spaltbar und stark verwachsen sind, und welche in allen physikalischen Eigenschaften (Härte, Schmelzbarkeit) durchaus dem Pistazit gleicht. Das specifische Gewicht fand ich:

3,223.

Es steht also an der unteren Gränze der Epidot-Gewichte weit über dem Gewichte irgend eines ächten Wernerits.

Die Analyse ergab:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	37,92	—	37,92
Thonerde	34,99 (Thonerde und Eisenoxyd)	19,09	19,21
Eisenoxyd		15,55	15,55
Kalkerde	22,94	22,42	22,68
Magnesia	0,19	0,31	0,25
Kali	—	0,23	0,23
Natron	—	0,39	0,39
Wasser	2,51	2,51	2,51
			98,74.

1) Nach Hrn. Prof. G. Rose ist diese Grundmasse Augit, welcher in Umwandlung in Hornblende (Uralit) begriffen ist.

Die Sauerstoffmengen sind:

Kieselsäure		20,06	3
Thonerde	8,98	13,64	2,03
Eisenoxyd	4,66		
Kalkerde	6,45	6,70	1,00
Magnesia	0,10		
Kali	0,04		
Natron	0,11		

Schon vor 12 Jahren empfahl Rammelsberg[1]) es der Aufmerksamkeit der Chemiker, die Identität der Formeln des Epidots und des Mejonits nachzuweisen. Diese Thatsache wurde aufser Zweifel gestellt, als die Analyse des Mejonits von Wolff die früheren Analysen von G. Gmelin und Stromeyer bestätigte. Forchhammer[2]) berichtete zuerst über einen in Epidot umgewandelten Wernerit-Krystall, welchen er zu Kopenhagen sah. G. Bischof[3]) berichtet ebenfalls über Pseudomorphosen von Epidot nach Wernerit, ebenso R. Blum[4]).

Der von Rammelsberg[5]) im Gegensatze zu Hermann's heteromerer Eintheilung der Epidote für *alle Epidote* aufgestellten Formel

$$\dot{R}^3 \dddot{Si} + 2 \dddot{R} \dddot{Si}$$

entspricht merkwürdiger Weise die Analyse dieses pseudomorphen Epidots genauer als irgend eine bisher bekannt gewordene.

Durchläuft man Blum's Verzeichnifs der Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen, so sieht man, dafs der Fälle, in denen ein Doppelsilicat das Product der Umwandlung ist, nur sehr wenige sind. Sehen wir ab von den jüngst bekannt gewordenen, überaus räthselhaften Pseudomorphosen, in denen Feldspath als secun-

1) Rammelsberg, Handwörterbuch II, 151.
2) Erdmann u. Marchand, Journal für praktische Chemie, Bd. 36, S. 403.
3) a. a. O. Bd. II, 656.
4) Zweiter Nachtrag zu den Pseudomorphosen S. 46.
5) Supplement zum Handwörterbuch, Art. Epidot.

däres Product auftritt, so wie von den Pseudomorphosen, welche die Zeolithe unter einander bilden, so bleiben von Doppelsilicaten nur übrig: Glimmer, Hornblende, Chlorit und Epidot. Die beiden ersten variiren in ihrer chemischen Zusammensetzung so sehr, dafs wir kaum sagen können, es sey ein Doppelsilicat mit *bestimmten einfachen* Mischungsverhältnissen, das Product der Umwandlungs-Processe. So bleiben nur die Pseudomorphosen des Chlorits und die beiden des Epidots (Pistazits) nach Granat und Wernerit (Mejonit) übrig. Granat und Wernerit haben eine gewisse Aehnlichkeit in ihrer Zusammensetzung. Es ist die Formel

des Mejonits $\dot{R}\dddot{Si} + 2\dddot{R}\dddot{Si}$

des Granats $\dot{R}\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}$.

Man kennt Epidot nur pseudomorph in den Formen dieser beiden Mineralien, und könnte daher wohl vermuthen, dafs die Aehnlichkeit resp. Gleichheit des ursprünglichen Minerals und des neu entstandenen eine wesentliche Stütze bei der Erklärung dieses Umwandlungs-Processes seyn würde. Man könnte versucht werden zu der Annahme, dafs da Mejonit und Zoisit heteromorphe Substanzen wären, die Umwandlung des ersteren in den letzteren durch eine einfache Umsetzung der kleinsten Theile, wodurch das specifische Gewicht erhöht würde, erklärt werden könnte. Man brauchte alsdann nur anzunehmen, dafs der ursprüngliche Wernerit, welcher dem Epidot die Form lieh, ein Mejonit gewesen sey.

Dem kann aber nicht so seyn, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Zoisit und Mejonit haben allerdings eine identische Zusammensetzung, nicht aber Pistazit (ein solcher ist der pseudomorphe Epidot) und Mejonit. Man kennt keinen Mejonit, der auch nur ein einziges Procent Eisenoxyd enthielt; der Eisenoxydgehalt des Pistazits sinkt nicht unter 10 Proc.

2) Wird durch Nichts die Annahme gerechtfertigt, dafs der ursprüngliche Wernerit nach der Formel des Mejonits

zusammengesetzt gewesen sey, da aufser dem Mejonit vom Vesuv kein Wernerit bekannt ist, welcber der durch die Mejonitformel verlangten Zusammensetzung auch nur nahe käme.

So bleibt uns auch hier bei der Erklärung Nichts übrig als die Annahme eines Austausches von Stoffen. Was wir oben beim prismatischen Skapolith von Arendal (No. 7) gesagt haben, mag unsere Annahme stützen, dafs *der Epidot aus einem verwitterten Skapolith entstanden sey.*

Um diesen Umwandlungs-Procefs zu verfolgen, unternahm ich die Analyse eines Skapolith-Krystalls (ähnlich dem prismatiscben Skapolith), welcher durch viel grüne Epidotmasse auf die oben geschilderte Weise durchdrungen und zum Theil verdrängt war. Leider mifslangen die Bestimmungen des Kalks und der Thonerde, da indefs die übrigen Bestimmungen sicher sind, und Einiges aufzuhellen scheinen, so theile ich sie mit.

Die Werthe unter I. gehören der fraglichen Substanz an, die unter II. dem prismatischen Skapolithe, die unter III. dem pseudomorphen Epidote.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	43,41	46,82	37,92
Eisenoxyd	8,68	1,39	15,55
Kali	0,72	0,97	0,23
Natron	3,24	6,88	0,39

Denken wir uns gleiche Theile des prismatischen Skapoliths und des Epidots der Analyse unterworfen, so wird ihr Resultat natürlich seyn:

Kieselsäure	42,37
Eisenoxyd	8,47
Kali	0,60
Natron	3,63.

Aus der nahen Uebereinstimmung dieser Werthe mit denen unter I. schliefsen wir, dafs bereits nahe die Hälfte des Skapoliths in Epidot umgewandelt sey, — ein Schlufs, zu dem die Betrachtung des Handstücks selbst ebenfalls berechtigt. Diese läfst endlich keinen Zweifel darüber, dafs

die Epidotmasse secundärer Bildung an der Stelle der ursprünglichen Skapolith-Substanz sey. Man ist gewohnt anzunehmen, dafs, wenn ein kalkhaltiges Mineral sich zersetzt, diefs zunächst durch eine Abnahme des Kalks und eine relative Zunahme der Kieselsäure sich zu erkennen giebt. Von diesem Gesetze haben wir ja oben zur Erklärung der Umwandlungen mehrfach Gebrauch gemacht. Hier überrascht uns die Abweichung von diesem Gesetze: Die Kieselsäure ist gesunken, sie erreicht das Minimum unter allen von uns untersuchten Werneriten (mit Ausnahme des vorigen, schwarzen). Der Kalk ist gestiegen, er übersteigt den procentischen Gehalt im Mejonit sogar um 1 Proc. Der Gehalt an Alkalien ist diesem pseudomorphen Epidot keineswegs eigenthümlich. Der Alkali-Gehalt in einem von Hermann untersuchten Pistazit von Werschneiwinsk übersteigt 2 Proc.

Das Merkwürdigste bei dieser Pseudomorphose ist ohne Zweifel das Steigen des Kalkgehalts. Wir können nicht annehmen, der Kalk habe nur relativ durch Fortführung anderer Bestandtheile das Uebergewicht gewonnen; wir sind vielmehr genöthigt, ein *wirkliches Hinzuführen des Kalks* anzunehmen, so räthselhaft diefs auch erscheinen mag.

Es zeigte nämlich der fragliche Epidot durchaus keine Höhlungen oder Porositäten, sondern bestand selbst für das bewaffnete Auge aus einer völlig gleichartigen, homogenen Masse. Das specifische Gewicht wurde wie beim prismatischen Skapolith von Arendal mit sehr kleinen Stückchen bestimmt. Gesetzt nun der zollgrofse Krystall habe als Skapolith 15 Grm. gewogen, so mufste er in Epidot umgewandelt 17,925 Grm. wiegen. Im Skapolith waren enthalten 2,58 Grm. Kalk, im Epidot finden wir 4,06 Grm. In denselben Raum, in welchem ehemals nur 2,58 Theile Kalk enthalten waren, sind jetzt noch 1,48 Theile hinzugeführt worden.

Wir werden unwillkührlich erinnert, das so häufige Aufnehmen von Magnesia im Vergleiche zu der so überaus seltenen Aufnahme von Kalk bei Umwandlungs-Pseu-

domorphosen durch Austausch von Bestandtheilen in Verbindung zu bringen mit dem so häufigen Auftreten einfacher Magnesiasilicate und dem so seltenen einfacher Kalksilicate (des Wollastonit). Es sey für einen Augenblick erlaubt, den Wollastonit, welchen wir in Drusen des Mandelsteins der Kilpatrik-Hügel bei Dumbarton finden, als durch Gewässer an diesen Ort geführt anzunehmen. Auf diese Weise ist uns seine Bildung gar wohl erklärlich [1]. Dringen atmosphärische Gewässer durch den Mandelstein, so zersetzen sie eine ihrem Kohlensäuregehalte entsprechende Menge von Kalksilicat des Augits und des Labradors. Ist die Kohlensäure auf diese Weise neutralisirt, so kann nun das Wasser Kalksilicat unzersetzt aufnehmen, und an anderen Orten wieder absetzen.

Da das Magnesiasilicat nach Bischof durch Kohlensäure nicht zersetzt wird, so konnte es auch bei Pseudomorphosen eintreten, wenn auch die Gewässer, welche die Vermittler dieser Processe waren, jene Säure überschüssig enthielten. Damit aber Kalk in die Zusammensetzung eines Silicats eintrete, müssen die Gewässer frei von Kohlensäure seyn. Die Seltenheit dieser Bedingung scheint in Einklang zu stehen mit den seltenen Fällen, in welchen Kalk aufgenommen wird.

Das Fortführen der Alkalien haben wir bereits oben erörtert.

Wie sollen wir uns aber hier die Aufnahme des Eisenoxyds denken? Gelöst kann es unserer Erfahrung gemäfs nur als Eisenoxydul-Carbonat gewesen seyn. Diefs kann aber, so viel wir wissen, nicht neben Kalksilicat bestehen, da dem Gesetze der Verwandtschaft zufolge das Eisenoxydul-Carbonat die Kohlensäure an den Kalk abtreten mufs. Dürfen wir uns vielleicht das Eisenoxyd zuerst hinzugeführt denken, und später erst den Kalk, nachdem die Gewässer ihre Zusammensetzung geändert hatten?

Wir müssen gestehen, dafs wir uns aufser Stande sehen, die Bildung des pseudomorphen Epidots von chemischer

1) Bischof, a. a. O. Bd. I., 784 ff.

Seite zu erklären. Was aber gar den Umstand betrifft, dafs der Kalk und das Eisenoxyd gerade in der Menge hinzugetreten, die Alkalien gerade bis zu dem Punkte fortgeführt sind, *dafs aus dem alten Sauerstoffverhältnisse* 1 : 2 : 4, *nachdem es zunächst durch die Verwitterung gestört, ein ganz neues* 1 : 2 : 3 *entstehen konnte*: — was die Erklärung dieses Umstandes betrifft, so sehen wir uns von einem undurchdringlichen Dunkel umhüllt. Hier bleibt uns in der That Nichts übrig, als zu gestehen, dafs es so sey!

Was uns von chemischer Seite von den Werneriten bekannt ist theils durch die früheren, theils durch diese Untersuchungen, fassen wir zusammen in folgender

Uebersicht.

I. Von der ursprünglichen Zusammensetzung.

Die Gattung Wernerit zerfällt in mehrere heteromere Species:

1. Mejonit, $\dot{Ca}^3\dddot{Si} + 2\dddot{Al}\dddot{Si}$, O von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} = 1 : 2 : 3$.
2. Skapolith, $(\dot{Ca}, \dot{Na})^3\dddot{Si}^2 + 2\dddot{Al}\dddot{Si}$, O von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} = 1 : 2 : 4$.
3. Wernerit von Gouverneur, $(\dot{Ca}, \dot{Na})^3\dddot{Si}^3 + 2\dddot{Al}\dddot{Si}$, O von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} = 1 : 2 : 5$.

Man könnte diese Species auch betrachten als Verbindungen desselben Aluminats mit steigenden Mengen von Kieselsäure:

		Spec.-Gew.
Mejonit	$\dot{Ca}^3\dddot{Al}^2 + 3\dddot{Si}$	2,736
Skapolith	» + 4 »	2,724
Wernerit von Gouverneur	» + 5 »	2,633.

Die Existenz dieser 3 Species erscheint unzweifelhaft; die der beiden folgenden erscheint nur wahrscheinlich.

4. Wern. v. Pargas, $3(\dot{Ca}, \dot{Na})^2\dddot{Si} + 5\dddot{Al}\dddot{Si}$, O von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} = 1 : 2{,}5 : 4$.
5. »Nuttalit« Rammelsb., $\dot{R}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si}$, O von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si} = 1 : 3 : 6$.

Der »Wernerit« Rammelsb. $\dot{R}^3\dddot{Si} + 3\dddot{Al}\dddot{Si}$, O von $\dot{R}:\dddot{R}:\dddot{Si} = 1:3:4$ ist wohl noch nicht begründet.

Folgende Bestandtheile scheinen den verschiedenen Species ursprünglich zuzukommen:

Natron
Kalkerde
Thonerde
Kieselsäure.

II. Von der Verwitterung.

Bei der Verwitterung des Wernerits

tritt hinzu			tritt aus		
1.	Kali	(3) [1]	5.	Natron	(6)
2.	Magnesia	(3)	6.	Kalk	(5)
3.	Kalk	(1)	7.	Thonerde	(4)
4.	Eisenoxyd	(5)			

(Die Kieselsäure sinkt oder steigt relativ, ob sie in absoluter Menge zu- oder abnimmt, ist schwer zu entscheiden.)

Diese Processe combiniren sich in folgender Weise:

1, 4, 5, 6 — es erfolgt die Umwandlung in Glimmer,

1, 2, 4, 5, 6, 7 — es erfolgt die Umwandlung in den rothen und gelben Wernerit,

2, 4, 5, 6, 7 — es erfolgt die Umwandlung in den schwarzen Wernerit,

3, 4, 5 — es erfolgt die Umwandlung in Epidot,

5, 6, 7 — es erfolgt die Umwandlung in die von Wolff untersuchten Wernerit-Krystalle mit einem Gehalte an Kieselsäure von 92,7 Proc.

1) Die in Klammern stehenden Zahlen mögen die relative Häufigkeit jedes einzelnen Verwitterungs-Processes bezeichnen. Der häufigste ist 5, das Austreten des Natrons; er findet in allen Fällen statt; der seltenste 3, er ist nur in einem Falle beobachtet. Zwischen diesen beiden Extremen liegen die anderen Verwitterungs-Processe.

VI. *Ueber Pseudomorphosen, nebst Beiträgen zur Charakteristik einiger Arten derselben;* *von Th. Scheerer.*

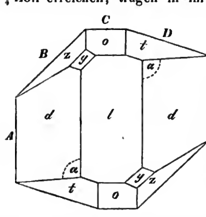
(Fortsetzung.)

Im ersten Theile dieses Aufsatzes (d. Ann. Bd. 89, S. 1) hatte ich unter anderem darauf hingewiesen, wie wünschenswerth es sey, dafs so manche Pseudomorphosen einer näheren Prüfung als bisher unterworfen würden. Besonders hob ich hierbei die zahlreichen Epigenien hervor, welche man ohne hinreichenden Beweis den Speckstein- und Serpentin-Pseudomorphosen beigesellt hat, indem einestheils die chemische Constitution des Specksteins und Serpentins nicht nachgewiesen wurde, anderentheils auch wohl die Krystallform der umgewandelten Substanz keiner schärferen Forschung unterlag. Durch eine erst vor Kurzem beendete Untersuchung einer Epigenie dieser Art, einer sogenannten Speckstein-Pseudomorphose, bin ich im Stande einen neuen Beleg für diese Ansicht beizubringen. Man möge daher entschuldigen, dafs ich die folgenden Beobachtungen, vor der weiteren Verfolgung des Abschnittes über die Paramorphosen, hier ergänzend einschalte.

Schon seit langer Zeit ist mehreren Mineralogen eine eigenthümliche »Speckstein-Pseudomorphose aus dem Zinnstockwerke von Altenberg« bekannt. Einige sehr ausgezeichnete Exemplare derselben befinden sich in der von Werner nachgelassenen Mineraliensammlung, so wie in der methodischen Sammlung der Freiberger Bergakademie. Trotz der zum Theil äufserst scharf ausgebildeten Krystalle, in denen der (sogenannte) Speckstein dieses Vorkommens auftritt, wollte es bisher nicht gelingen, die Form derselben so zu deuten, dafs die Natur des ursprünglichen Minerals mit Sicherheit daraus abstrahirt werden konnte. Am meisten Aehnlichkeit zeigte jene Form unläugbar mit

der des Schwerspahts; und man glaubte deshalb darin eine Pseudomorphose von Speckstein nach Schwerspath zu erkennen [1]). Zu einer genaueren Untersuchung dieser Krystalle durch meine Arbeiten über die Talke, Specksteine u. s. w. veranlafst, fand ich nach sorgfältiger Prüfung einer gröfseren Anzahl derselben [2]), dafs ihre Form, wiewohl in einigen ihrer Elemente der Schwerspathform sehr nahe stehend, dennoch im Ganzen von letzterer specifisch verschieden ist. Die hierauf bezüglichen Details sind folgende.

Die Krystalle, von denen einige eine Länge bis gegen $\frac{3}{4}$ Zoll erreichen, tragen in ihrer Gesammtheit einen Flächencomplex an sich, wie nebenstehende Figur in einer Profil - Projection annähernd zeigt. Die unten angegebenen Winkel wurden, da es den Flächen an Glanz mangelte, mit einem Anlege - Goniometer bestimmt; sie sind in runden Mittelzahlen als Ergebnifs zahlreicher Messungen angegeben, bei denen Goniometer und Krystall fest eingespannt und die Visirmethode angewendet wurde. Die gestrichenen Buchstaben, wie z. B. d', bezeichnen die entsprechenden Flächen auf der nicht sichtbaren Seite des Profils.



Auf solche Weise wurden gefunden die *Kantenwinkel*

$$d : d' = 77\frac{1}{2}^{\circ} (77^{\circ} - 78^{\circ})$$
$$z : z' = 132^{\circ}$$
$$o : o' = 116\frac{1}{2}^{\circ}$$
$$t : t' = 119^{\circ};$$

1) Breithaupt in Berg- und Hüttenm. Ztg. Jahrg. 1852, S. 189. — Blum's Pseudomorphosen, zweiter Nachtrag, S. 138.

2) Ein schönes Exemplar besitze ich aus der Sammlung meines verstorbenen Schwiegervaters, Berghauptmann Freiesleben.

die *ebenen Winkel* zwischen den Kanten

$$A : B = 135^\circ$$
$$B : D = 116\tfrac{1}{2}{}^\circ$$
$$D : E = 108\tfrac{1}{2}{}^\circ.$$

Da die Fläche o mit der Kante C nur an wenigen Krystallen vorkam, so konnten namentlich über die Neigung der Kante C zu den Kanten A und E keine genaueren Messungen vorgenommen werden. Nach dem Augenmaafs erschienen sowohl die Kanten zwischen o und z, sowie zwischen o und t rechtwinklich auf C, als auch C rechtwinklich auf A und E. Betrachtet man demnach diesen ganzen Flächencomplex als dem rhombischen Systeme angehörig, so ergiebt sich aus obigen Daten:

$z = P$ (Hemipyramide)
$y = \bar{P}n$ (Hemipyramide)
$d = \infty\breve{P}2$
$o = \breve{P}\infty$
$t = \breve{P}3$ (Hemipyramide)
$l = \infty\breve{P}\infty$.

Doch scheint an einigen Krystallen, anstatt $\breve{P}3$, die Hemipyramide $\breve{P}2$ vorzukommen, indem in diesem Falle die Winkel α als rechte erscheinen. In Bezug auf die Krystallform des Schwerspaths stellen sich folgende Analogien heraus:

			beim Schwerspath:
$d : d' =$	$\infty\breve{P}2$	$= 77\tfrac{1}{2}{}^\circ$ . . .	$77^\circ\ 43'$
$z : z' =$	P	$= 132^\circ$ . . .	$128^\circ\ 36'$
$o : o' =$	$\breve{P}\infty$	$= 116\tfrac{1}{2}{}^\circ$ . . .	$105^\circ\ 24'$

Da die meisten Krystalle dieses Minerals so aufgewachsen vorkommen, dafs sich hauptsächlich nur die Flächen d, z und l, oder d, z, o und l dem Auge des Beobachters darbieten, so konnte hierdurch der Irrthum entstehen, dafs ihre Form mit der des Schwerspaths identisch sey.

Bezeichnet man die Parameter der Pyramide P in der

Haupt-Axe, makrodiagonalen und brachydiagonalen Nebenaxe mit *a*, *b* und *c*, so ist

bei unserem Mineral $a : b : c = 0{,}619 : 1 : 0{,}619$

beim Schwerspath $a : b : c = 0{,}762 : 1 : 0{,}621$.

Auch hier ergiebt sich also eine merkwürdige Formähnlichkeit, welche sogar darauf hinzudeuten scheint, dafs beide Formen auf einander zurückgeführt werden können, indem $\frac{5}{4} \times 0{,}619 = 0{,}774$, also ziemlich nahe $= 0{,}762$. Wäre diese Uebereinstimmung vollkommen, und man bezöge die Form des in Rede stehenden Minerals auf die des Schwerspaths, so erhielten wir:

$z = \frac{4}{5} P$ (Hemipyramide)

$y = \frac{4}{5} \bar{P}n$ (Hemipyramide)

$d = \infty \breve{P}2$

$o = \breve{P}\infty$

$t = \frac{4}{5} \breve{P}3$ und $\frac{4}{5} \breve{P}2$ (Hemipyramide)

Doch hat dieses Verhältnifs sehr wahrscheinlich nur annähernd seine Richtigkeit, und beide Formen sind specifisch verschieden, wie schon aus der an unserem Minerale auftretenden Hemiëdrie hervorgeht, welche der Schwerspathform ganz fremd ist.

Welchem Minerale gehörte aber jene eigenthümliche Form einst an? An den meisten der mir zu Gebote stehenden Krystalle schien die ursprüngliche Substanz durch das specksteinartige Mineral vollständig verdrängt zu seyn; doch gelang es mir in einigen derselben deutlich erkennbare Reste der ersteren aufzufinden. Ganz besonders war diefs an einigen Exemplaren der Fall, welche ich theils durch die Güte meines Freundes Prof. Geinitz erhielt, theils beim Mineralienhändler Klocke in Dresden kaufte. Ferner machte mich zu dieser Zeit mein College Bergrath Reich auf die — bisher von mir unbeachtet gebliebenen — Exemplare des Werner'schen Cabinets aufmerksam, an denen sich das ursprüngliche Mineral in beträchtlicher Menge und zum Theil noch in vollkommenster Frische erkennen liefs. In diesem Zustande ist es völlig farblos und durch-

sichtig, glasglänzend und von einer Härte zwischen Apatit und Flufsspath. Letzteren ritzt es sehr deutlich. Es besitzt zwei Blätterdurchgänge; doch liefs sich über die Richtung derselben in Bezug auf die Krystallflächen mit hinreichender Genauigkeit nichts entscheiden, da ich gröfsere und vollkommnere Krystalle dieser Bestimmung nicht opfern wollte. Nur so viel gab sich ebenfalls zu erkennen, dafs sie wahrscheinlich einer der Hemipyramiden parallel laufen. Die meisten der äufserlich umgewandelten, innerlich aber noch frischen Krystalle, zeigen in ihrem Kerne eine Zerklüftung, welche das Spalten sehr schwierig macht.

Bei der qualitativen chemischen Untersuchung ergaben sich als Hauptbestandtheile: *Flufssäure, Thonerde, Kalkerde* und *Wasser*. In sehr geringen Mengen und Spuren, wohl gröfstentheils nur als zufällige Beimischung, traten aufserdem noch auf: Kieselerde, Schwefelsäure, Eisenoxyd, Talkerde und Manganoxydul. Vor dem Löthrohre erhitzt wurde das Mineral, unter Entweichen von Flufssäure und Wasser, undurchsichtig und weifs, ohne die geringste Schmelzbarkeit zu zeigen. Als dasselbe mit ungefähr 4 Gewichtstheilen wasserfreiem kohlensaurem Natron im Platintiegel 20 Min. über der Plattner'schen Gebläselampe stark erhitzt, und als darauf die geschmolzene Masse mit Wasser übergossen wurde, blieb kohlensaurer Kalk frei von Thonerde zurück, während sich die ganze Menge der letzteren nebst Flufssäure in der Lösung befand. Auch durch Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali, so wie durch blofses Erhitzen mit Schwefelsäure wurde das Mineral leicht aufgeschlossen. Zu einer genauen quantitativen Bestimmung der Bestandtheile desselben war nicht hinreichendes Material vorhanden [1]).

Durch die angegebenen Eigenschaften ist das Mineral

1) Durch Aufschliefsen einer kleinen Quantität mit kohlensaurem Natron wurde eine, etwa 32,5 Proc. Fluorcalcium entsprechende Menge kohlensaure Kalkerde erhalten. Jedoch war möglicherweise die zum Trocknen des Minerals angewendete Temperatur zu hoch, und daher ein Theil wasserhaltiger Flufssäure entwichen.

als eine neue Species charakterisirt, welche hinsichtlich ihrer chemischen Constitution dem Kryolith und Chiolith am nächsten steht. Indem ich die Benennung *Prosopit* (von *πρόςωπον*, die Maske) für dasselbe in Vorschlag bringe, nehme ich hierbei Bezug auf die Täuschung, in welche die Mineralogen durch sein maskirtes Auftreten versetzt worden sind. Diese Täuschung erstreckt sich aber, wie wir sogleich sehen werden, noch weiter; nicht einmal die pseudomorphe Maske des Minerals besteht aus dem Stoffe — Speckstein, — aus welchem sie zu bestehen scheint?

Die in der Krystallform des Prosopit auftretende pseudomorphe Substanz trägt so vollkommen den Habitus eines Specksteins an sich, dafs ich eine Bestimmung ihres Gehalts an chemisch gebundenem Wasser für eine fast überflüssige Bestätigung der äufseren Diagnose ansah. Inzwischen wurde ich bald eines anderen belehrt. Das im Wasserbade getrocknete Mineral verlor beim Erhitzen über der Gebläselampe nicht, wie ein normaler Speckstein, ungefähr 2,8 Proc. Wasser, sondern nicht weniger als 13,70 Proc. Aufserdem zeigten sich bei näherer Prüfung als Hauptbestandtheile nur Kieselsäure und Thonerde, ohne Spur von Talkerde. Eine von meinem Assistenten Hrn. Rob. Richter vorgenommene quantitative Analyse ergab:

		Sauerstoff
Kieselerde	45,63	23,69
Thonerde	39,89	18,64
Wasser	13,70	12,17
Kalkerde	0,60	0,17
	99,82.	

Die Thonerde enthielt eine geringe Menge Eisenoxyd, welche nicht näher bestimmt wurde. Die Kalkerde dürfte als kohlensaurer Kalk eingemengt seyn. Flufssäure war in keiner erkennbaren Menge vorhanden. Der vermeintliche Speckstein ist also ein ganz normaler *Kaolin* von der, nach Forchhammer, diesem Minerale zukommenden Formel

$$\dddot{Al}^3 \dddot{Si}^4 + 6\dot{H},$$

welche

welche ein Sauerstoff-Verhältnifs von

$$\begin{matrix} \dddot{Si} & \overline{\dddot{Al}} & \dot{H} \\ 24 : & 18 : & 12 \end{matrix}$$

verlangt, und — bei Annahme von basischem Wasser — geschrieben werden kann:

$$(\dot{H})^2 \dddot{Si} + 3 \overline{\dddot{Al}} \dddot{Si},$$

$$\text{oder } (\dot{H}) \dddot{Si} + 3 \overline{\dddot{Al}} \dddot{Si} + 3 \dot{H},$$

je nachdem 6 At. oder 3 At. Wasser als basisches Wasser betrachtet werden.

So ist denn also aus der Pseudomorphose von »Speckstein nach Schwerspath« eine Pseudomorphose von »*Kaolin nach Fluoraluminium-Calcium*« geworden. Gewifs Aufforderung genug, um in Zukunft bei ähnlichen Bestimmungen mit gröfster Vorsicht zu verfahren, und der Entscheidung letzter Instanz — der Chemie — nicht vorbeizugehen.

Der Kaolin tritt in unserer Pseudomorphose mit einem Habitus auf, welcher selbst bei der mikroskopischen Untersuchung nicht zu dem Verdachte Veranlassung giebt, dafs man es hier mit einem anderen Minerale als Speckstein zu thun habe. Er besteht, wie der normale Speckstein, aus einer Zusammenhäufung krystallinischer Blättchen, welche stellenweise so grofs sind, dafs sie ein unbewaffnetes scharfes Auge erkennt. Die Krystalle des mehr oder weniger vollständig in Kaolin veränderten Prosopit sind, bei den von mir untersuchten Exemplaren, auf einem hornsteinartigen, zum Theil selbst in Kaolin umgewandelten Quarzit aufgewachsen, und ganz von blättrigem Eisenglanz bedeckt, bei dessen Loslösung sie erst zum Vorschein kommen. Hier und da werden sie von grünem Flufsspath begleitet, der zuweilen mitten in den pseudomorphen Krystallen angetroffen wird und, wenigstens theilweise, ein Zersetzungsproduct oder vielmehr ein Zersetzungsrest aus dem Prosopit zu seyn scheint. Dafs der Kaolin ein Zersetzungsproduct des Prosopit sey, ist jedenfalls weniger wahrscheinlich, als denselben als blofse verdrängende Substanz zu betrachten. Es hat den Anschein, dafs die einstmalige Solution des

Kaolin, welche die Ursache einer solchen Verdrängungs-Pseudomorphose war, zwischen den Eisenglanzblättern eindrang, und von hier auf die Prosopitkrystalle wirkte, deren Veränderung ganz evident stets von der Oberfläche aus stattfand und sich in verwaschenen Contouren gegen das Innere fortsetzte. Vielleicht ist es diesem Eindringen jener Solution zuzuschreiben, dafs die Blätter des Eisenglanzes oft bunt angelaufen sind, und dafs sich nicht selten zwischen ihnen kleine Partien blättrigen Kaolins befinden. In einem dichteren, meist körnigen Eisenglanze fand ich einige noch völlig unveränderte kleine Krystalle des Prosopit eingewachsen. Sie besitzen starken Glasglanz auf ihren Flächen und würden durch das Reflexionsgoniometer sehr gut mefsbar seyn, wenn sie nicht theils verzerrt ausgebildet, theils beschädigt wären.

Schliefslich komme ich noch einmal auf die Krystallform des Prosopit zurück. Die Aehnlichkeit, welche dieselbe — bei aller Eigenthümlichkeit — mit der des Schwerspaths besitzt, läfst auch eine gewisse Analogie in der chemischen Constitution beider Mineralien vermuthen. In dieser Beziehung dürfte es Berücksichtigung verdienen, dafs eine Verbindung von

$$CaF + AlF^3$$

eine ähnliche Gruppirung ihrer Elemente besitzt wie

$$\dot{Ca}\dddot{S},$$

welches auch ausgedrückt werden kann durch

$$CaO + SO^3.$$

Inzwischen bedarf es noch einer genaueren quantitativen Analyse des Prosopit, um das Verhältnifs seiner Bestand theile mit Sicherheit festzustellen. Zu einer solchen Analyse werden erfordert: 1) eine Bestimmung seines Wassergehalts, 2) eine Bestimmung seines Fluorgehalts und 3) eine Bestimmung seines Gehaltes an Aluminium und Calcium Zu jeder dieser Bestimmungen ist, wenn sie mit möglichster Genauigkeit ausgeführt werden soll, eine besondere Quantität des Minerals erforderlich.

Nach dieser kleinen Abschweifung werde ich in der nächstkommenden Abtheilung mit der Betrachtung der Paramorphosen fortfahren.

(Fortsetzung folgt.)

VII. *Zweiter Beitrag zur Conchyliometrie; vom Schulrath Dr. J. H. T. Müller zu Wiesbaden*

Die in Bd. LXXXI, S. 533 von mir mitgetheilten Untersuchungen über die Windungsgesetze zweier Exemplare von *Goniatites bifer Phill. Var. Delphinus. Sandb.* und eines von *Gon. carinatus Beyr.* führten sämmtlich auf logarithmische Spiralen. Die beiden ersteren gaben zwei verschiedene übereinstimmende Quotienten, der letztere dagegen nur einen durch alle Windungen hindurch. Bei *Gon. carinatus* war aufserdem die Einführung des Naumann'schen Parameters nicht mehr anwendbar, weshalb die successiven Vectoren aus den gemessenen Diametern auf andere Weise abgeleitet werden mufsten.

Bei den jetzt folgenden Berechnungen habe ich, gestützt auf jene Erfahrungen, es vorgezogen, die Curven sogleich auf logarithmische Spiralen zu untersuchen, indem sich hier nirgends im Innern ein Kreis zeigte. Aufserdem ist auch diesmal

$$\mathfrak{a} \quad \mathfrak{c} \quad \mathfrak{e} \quad \mathfrak{g} \qquad \mathfrak{v} \qquad \mathfrak{f} \quad \mathfrak{d} \quad \mathfrak{b}$$

die Berechnung der Vectoren $\mathfrak{va}$, $\mathfrak{vb}$, $\mathfrak{vc}$, $\mathfrak{vd}$,.. auf den gemessenen Diametern $\mathfrak{ab}$, $\mathfrak{bc}$, $\mathfrak{cd}$, $\mathfrak{de}$, .. aufgegeben worden. Wenn nämlich

$$\frac{\mathfrak{va}}{\mathfrak{vb}} = \frac{\mathfrak{vb}}{\mathfrak{vc}} = \frac{\mathfrak{vc}}{\mathfrak{vd}} = \ldots = q$$

ist, so mufs auch

$$\frac{\mathfrak{va}+\mathfrak{vb}}{\mathfrak{vb}+\mathfrak{vc}}=\frac{\mathfrak{vb}+\mathfrak{vc}}{\mathfrak{vc}+\mathfrak{vd}}=\frac{\mathfrak{vc}+\mathfrak{vd}}{\mathfrak{vd}+\mathfrak{ve}}=..=q$$

d. i.

$$\frac{\mathfrak{ab}}{\mathfrak{bc}}=\frac{\mathfrak{bc}}{\mathfrak{cd}}=\frac{\mathfrak{cd}}{\mathfrak{de}}=..=q$$

seyn, und umgekehrt. Da nun, wie **Naumann** sehr zweckmäfsig gethan, wegen Unerkennbarkeit des Mittelpunkts, nur die Diameter auf jeder Axe gemessen werden, so ist es bei den ohnehin wenigziffrigen Zahlen, die man hierdurch erhält, wo diefs angeht, weit sicherer, mit diesen Zahlen *selbst* zu rechnen, als erst hieraus auf Kosten der Schärfe die noch kleineren Vectoren abzuleiten und dann von diesen die Quotienten zu bestimmen. Auch vereinfacht sich hierdurch die Rechnung bedeutend, indem man jetzt blofs durch Anwendung der Kettenbrüche von den successiven Quotientendurchmessern die Näherungswerthe zu berechnen braucht, um zu erfahren, ob das Conchyl in einer logarithmischen Spirale gewunden sey.

Auch sind, wie sich schon aus dem vorhin Bemerkten ergiebt, statt der sonst nur angewendeten Durchmesser $\mathfrak{ab}$, $\mathfrak{cd}$, $\mathfrak{ef}$, $\mathfrak{gh}$,.. hier die successiven Durchmesser $\mathfrak{ab}$, $\mathfrak{bc}$, $\mathfrak{cd}$, $\mathfrak{de}$, $\mathfrak{ef}$, .. der Rechnung zu Grunde gelegt worden, weil einander näher stehende Zahlen schärfere Quotienten geben und weil man zugleich eine gröfsere Anzahl vergleichbarer Quotienten erhält.

Die diefsmaligen Untersuchungen betreffen *sieben* Species von der Gattung *Clymenia*, welche in acht Exemplaren der Dr. G. **Sandberger**[1]) geschliffen und wovon derselbe je nach deren Erhaltungszustande die Diameter auf 1, 2 und 4 Axen mittelst eines Millimetermaafsstabs sehr sorgfältig gemessen hat. Wo nur zwei Axen vorkommen, stehen diese auf einander senkrecht, vier successive Axen aber schneiden einander immer unter Winkeln von 45°. Dieselben sind in der jetzt folgenden Zusammenstellung

1) Einige Beobachtungen über Klymenien; mit besonderer Rücksicht auf die westphälischen Arten, von Dr. **Guido Sandberger** in den Verhandlungen des historischen Vereins der preufsischen Rheinlande und Westphalens, Jahrg. X, S. 171 ff. Nebst 3 Tafeln.

der Reihe nach mit I, II, III, IV bezeichnet, und die Näherungsquotienten stehen zwischen je zwei auf einander folgenden Durchmesserzahlen.

1. *Clymenia compressa.*

I. 21,9 ; 14,2 ; 9,3 ; 7,5
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

II. 19,5 ; 12,7 ; 8,4 ; 5,2
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

III. 17,5 ; 11,5 ; 7,5 ; 4,7
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

IV. 15,6 ; 10,4 ; 6,6 ; 4,0
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

2. *Clymenia binodosa.*

I. 51,1 ; 36,2 ; 25,2 ; 18,0 ; 12,8 ; 9,5 ; 6,6
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

3. *Clymenia arietina.*

I. 19,7 ; 14,0 ; 9,6 ; 6,6 ; 4,6
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

II. 18,0 ; 13,0 ; 9,0 ; 6,1 ; 4,3
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

III. 17,3 ; 12,1 ; 8,4 ; 5,7 ; 4,0
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

IV. 15,6 ; 10,8 ; 7,5 ; 5,2 ; 3,5
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

4. *Clymenia laevigata.*

I. 37,7 ; 27,0 ; 19,7 ; 15,0 ; 11,3 ; 8,6 ; 6,7 ; 5,1 ; 3,8 ; 2,9 ; 2,4 ; 1,8
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$

5. *Clymenia undulata.*

I. 28,3 ; 19,6 ; 13,8 ; 9,9 ; 7,0 ; 4,7 ; 3,5 ; 2,5 ; 1,7
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

II. 25,5 ; 17,5 ; 12,5 ; 9,0 ; 6,4 ; 4,6 ; 3,1 ; 2,2 ; 1,5
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

III. 24,0 ; 16,4 ; 11,7 ; 8,2 ; 5,8 ; 4,1 ; 2,8
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

IV. 21,6 ; 15,1 ; 10,8 ; 7,5 ; 5,3
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

6. *Clymenia striata.*

I. 23,7 ; 16,7 ; 11,8 ; 8,5 ; 5,9 ; 4,0 ; 2,8
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

II. 22,1 ; 15,9 ; 10,9 ; 7,7 ; 5,5 ; 3,6 ; 2,6
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

III. 19,6 ; 14,0 ; 10,0 ; 7,0 ; 4,9 ; 3,3 ; 2,1
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

IV. 18,1 ; 12,8 ; 9,0 ; 6,2 ; 4,5 ; 3,0
$\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{3}{2}$

7. *Clymenia pseudogoniatites.*

a. Altes Exemplar mit stark faltiger Schale.

I. 30,4 ; 23,2 ; 17,6 ; 13,1 ; 9,8 ; 7,1 ; 5,4
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$

II. 29,6 ; 22,8 ; 17,0 ; 12,5 ; 9,4 ; 7,1 ? ; 5,0
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$

III. 27,4 ; 20,8 ; 15,5 ; 11,6 ; 8,7 ; 6,5 ; 4,7
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$

IV. 24,5 ; 18,8 ; 14,0 ; 10,5 ; 7,8 ; 5,7 ; 4,0
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{3}{2}$

b. Junges Exemplar.

I. 18,6 ; 14,0 ; 10,1 ; 7,4 ; 5,2
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{3}{2}$

II. 15,0 ; 11,3 ; 8,2 ; 6,2 ; 4,3
$\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{3}{2}$

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich,

1) dafs alle sieben bis jetzt gemessenen Arten von *Clymenien* in *logarithmischen Spiralen* gewunden sind;

2) dafs für *fünf* Species, nämlich *Cl. compressa, binodosa arietina, undulata, striata* und für *zwei* Species, nämlich *Cl. laevigata, pseudogoniatites*, die Windungsquotienten *dieselben*, nämlich beziehungsweise die höchst einfachen Zahlen $\frac{3}{2}$ und $\frac{4}{3}$ sind;

3) dafs bei *allen* diesen Clymenienspecies immer nur *eine* Spirale vorkommt, während bei *Goniatites bifer* sich in zwei Exemplaren übereinstimmend *zweierlei* Spira-

len, die äufsere mit $\frac{3}{4}$, die innere mit $\frac{1}{3}$ als Windungsquotienten zeigten;

4) in Beziehung auf *Goniatites bifer* und *Clymenia pseudogoniatites*, dafs zwei Exemplare derselben Species nach einerlei Gesetz gewunden sind.

VIII. *Ueber eine Interferenz-Erscheinung bei einaxigen Krystallplatten in geradlinig polarisirtem Lichte; von G. S. Ohm.*

(Entnommen aus der Einleitung zu der im 7ten Bd. der Abh. d. math. phys. Klasse der K Bayerischen Akad. enthaltenen Abhandlung: »Erklärung aller in einaxigen Krystallen zwischen geradlinig polarisirtem Lichte wahrnehmbaren Interferenz-Erscheinungen,« München 1853).

Meine im Sommersemester 1851 an hiesiger (der Münchener) Universität gehaltene Vorlesung über Optik legte mir die Verpflichtung auf, den dahin gehörigen Apparat zu diesem Zweck zu ordnen und zu vervollständigen. Bei dieser Gelegenheit stiefs ich auf eine Interferenz-Erscheinung in Krystallplatten, die mich anfangs in Erstaunen setzte, weil mir nicht bekannt war, dafs sie je in den Bereich der Experimentalphysik gezogen worden wäre.

Nimmt man nämlich zwei gleich dicke Platten mit parallelen Oberflächen, welche aus einem einzigen Krystall so herausgeschnitten worden sind, dafs deren optische Axe einen Winkel von 45° mit ihren Oberflächen bildet, welche Platten bekanntlich einzeln in homogenem Lichte geradlinig, helle und dunkle Streifen von der Farbe des benutzten Lichtes, und gekreuzt über einander gelegt schon in gewöhnlichem Tageslichte geradlinige, prismatisch gefärbte Abwechslungen sehen lassen, die denen sehr ähnlich sind, welche der gewöhnliche Interferenzversuch an den Fresnel'schen Spiegeln oder an zwei, auf die von mir in Pog-

gendorff's Annalen (XLIX, 98) beschriebene Weise zubereiteten Spiegelglasstücken [1]) liefert, — und legt man

1) In Bezug auf diese letztere äußerst einfache und im Gebrauch so sehr bequeme Vorrichtung benutze ich diese Gelegenheit, einen Umstand zu berichtigen, der ihrer weiteren Verbreitung mit um so größerem Erfolg entgegen zu treten im Stande ist, als eine Stelle in Airy's Werken, die in solchen Dingen eine Autorität bilden, keinen Zweifel hinsichtlich der Unzulänglichkeit meines Apparätchens übrig zu lassen scheint. Dieser hochachtbare Gelehrte sagt in seinen *Mathematical Tracts* 3. *Edit. p.* 284 bei Gelegenheit der Bildung von Interferenzstreifen mittelst zweier völlig gleicher Prismen mit gemeinschaftlichem Rücken: *The breath of the bars for different colours does not as before* (wo von den Fresnel'schen Spiegeln die Rede war) *depend simply on* λ (welcher Buchstabe die Wellenlänge eines einfachen Lichtes bezeichnet) *but on* $\frac{\lambda}{\mu-1}$ (wo μ den Brechungsexponenten vorstellt). *Now* μ *varies with* λ: *it is greatest for the blue rays or those for which* λ *is least, and less for those for which* λ *is greater through all the different colours. Consequently the breaths of the bars formed by the different colours are not in the same proportion as before, but are more unequal. The mixture of colours therefore at the edges of those bars which are a little removed from the central bar is not the same as before, and after a small number from the center, the colours of the different bars are mixed with each other.*

Diese an und für sich völlig richtigen theoretischen Angaben eines anerkannten englischen Gelehrten scheinen in Deutschland mein Apparätchen, theilweise wenigstens, in Mißkredit gebracht zu haben. Ich hingegen habe bei sehr vielen vergleichenden Versuchen, und auch jüngst wieder bei meinen Vorlesungen, wo ich, um meinen Zuhörern die Vergleichung zu erleichtern, den Spiegelapparat so regulirte, daſs die in ihm sich zeigenden Streifen gleiche Breite mit denen meines Prismenapparats hatten, in den Spiegelglasstücken nie weniger Streifen gefunden als in den Fresnel'schen Spiegeln, eher ein Paar mehr, in Folge der bei jenem vorhandenen viel größeren Lichtstärke. Auch zeigt eine ganz einfache rechnende Auseinandersetzung der Größe $\frac{\lambda}{\mu}$, daſs eine wahrnehmbare Verschiedenheit in der Anzahl und dem Aussehen der Streifen bei den beiden Apparaten sich wohl nicht früher offenbaren könne als bei etwa 50 vorhandenen Streifen, während sich doch in der Wirklichkeit kaum je mehr als 13 solcher Streifen an dem einen wie an dem andern wahrnehmen lassen, so daſs eine Verschiedenheit in den beiden Apparaten theoretisch zwar begründet ist, jedoch außer aller Erfahrung liegt.

Ich vermuthe daher, daſs Airy's letzter Satz: »*and after a small*

diese beiden Platten so über einander, dafs deren *Hauptnormalebenen* (so wollen wir die Ebenen nennen, welche durch die Normale zu den Oberflächen der Platte und durch deren optische Axe gehen) in einander, deren optische Axen hingegen nach entgegengesetzten Seiten von der, beiden Platten gemeinschaftlichen Normale zu liegen

number from the center, the colours of the different bars are mixed with each other«, der allerdings auf eine wirkliche Beobachtung sich zu stützen scheint, einem anderen Umstande seine Entstehung verdankt, von dem ich hier, den Experimentatoren zu Liebe, noch etwas ausführlicher reden werde.

Wenn man einen einzigen Spiegelstreifen von seiner Mitte aus nach beiden Enden hin dünner schleift, so dafs derselbe zwei mit ihren Rücken gegen einander gekehrte sehr schwache Prismen in sich vereinigt, und dann polirt, so giebt dieses Doppelprisma, von welchem auch in Herschel's Optik (Schmidt's Uebersetzung §. 735) die Rede ist, nicht völlig die gleiche Erscheinung wie meine beiden neben einander hingestellten Spiegelglasstücke oder wie die Fresnel'schen Spiegel. Die in dem einen Doppelprisma gebildete Erscheinung unterscheidet sich namentlich von der in den letzten genannten Apparaten auftretenden dadurch, dafs die Streifen von der Mitte aus nach beiden Seiten hin bald in hellen Säumen verbleichen, während sie in den beiden anderen Apparaten auf dunklerem Grunde liegen, indem sie länger sichtbar bleiben. Auch nehmen jene häufig eine abwechselnd röthliche und grünliche Färbung an.

Auf die hier angeführte Erscheinung mit hellen Säumen zu beiden Seiten dürften Airy's Worte zu beziehen seyn; diese enthält immer nur beträchtlich weniger Abwechslungen, als die Fresnel'schen Spiegel oder meine zwei Spiegelglasstücke sehen lassen. Stellt man indessen vor dem Rücken des Doppelprismas, da wo seine beiden angeschliffenen Flächen an einander gränzen, irgend einen undurchsichtigen Körper von der erforderlichen Dicke, wie z. B. eine Stricknadel, so verschwinden die hellen Säume zu beiden Seiten der Erscheinung und diese nimmt wieder den Charakter von der an, welche man bei den übrigen Interferenzapparaten wahrzunehmen pflegt, wiewohl sie stets leicht schwächer zu seyn scheint, und daher wohl nie die Streifen in der gleichen Anzahl wie die anderen Apparate in sich aufnimmt. Ohne allen Zweifel macht sich bei diesem Doppelprisma aus einem Stücke Glas wieder jene Besonderheit geltend, auf die ich schon in meinem eingangs erwähnten Aufsatze aufmerksam gemacht habe, in Folge der ein vom Rande eines Spiegels genommener Abschnitt für sich allein schon auf der Seite, wo sich während der Bearbeitung des Spiegels das rothe Polirpulver angehängt hat, Interferenzstreifen in grofser Menge, welche nach den Seiten hin stets näher aneinander rücken, sehen läfst.

kommen, und betrachtet sie zwischen zwei Polarisationsapparaten, deren Polarisationsebenen senkrecht auf einander stehen, im homogenen Lichte, so wird man dadurch überrascht, dafs jetzt in denselben Platten, die sonst immer nur geradlinige Streifen sehen lassen, ein System von unzählig vielen Ellipsen, deren grofse Axen den vereinigten Hauptnormalebenen der beiden Platten parallel laufen, mit einem centralen, dunklen, ovalen Flecken, ohne alle Spur von dunklen Armen sich zeigt, wie in Fig. 6 Taf. II. versinnlicht worden ist.

Läfst man die beiden Polarisationsebenen allmälig in einander übergehen, so ändert sich die eben angezeigte Erscheinung nach und nach in ihr Complementarbild ab, wodurch sie indessen kein sehr verändertes Aussehen annimmt, nur dafs der vorhin dunkle und von einer breiten hellen Ellipse umgebene Centralfleck jetzt in einen hellen und von einer breiten dunklen Ellipse umgebenen sich verwandelt hat.

Während dieses Ueberganges, mitten zwischen den zwei äufsersten Stellungen der beiden Polarisationsapparate, nimmt das ganze Gesichtsfeld ein gleichmäfsiges Helldunkel an, was auch geschieht, wenn bei senkrechten oder parallelen Polarisationsebenen die vereinigte Hauptnormalebene in einer dieser Ebenen oder senkrecht auf ihr steht. Die hier beschriebene Erscheinung tritt nämlich am Deutlichsten auf, wenn die vereinigte Hauptnormalebene einen Winkel von 45° mit einer der senkrecht auf einander stehenden oder parallelen Polarisationsebenen bildet, nimmt mit diesem Winkel stets ab und verschwindet endlich gänzlich, wenn dieser Winkel Null ist.

Nimmt man zu diesen Versuchen gleich dicke Platten von Bergkrystall, deren Oberflächen unter 45° zur optischen Axe geneigt sind, so wird die Erscheinung, wie wegen des Drehungsvermögens dieses Minerals zu erwarten war, eine andere, deren Hauptunterschied darin liegt, dafs neben den Ellipsen gleichzeitig geradlinige Streifen auferstehen, die eine senkrechte Stellung zu den grofsen Axen der El-

lipsen haben, und je nach der Lage der Hauptnormalebene die Ellipsen überstrahlen oder von diesen bis zu ihrem gänzlichen Verschwinden bei einer völlig bestimmten Lage der Hauptnormalebene überstrahlt werden. Man wird ohne mein Erinnern einsehen, dafs diese eigenthümliche Modification der Erscheinung im Bergkrystall für die nähere Kenntnifs der Eigenthümlichkeiten dieses Körpers höchst wichtig zu werden verspricht.

Obgleich die so eben beschriebene Erscheinung wegen der Sonderbarkeit ihrer Entstehungsbedingungen längst in unsere Lehrbücher übergegangen seyn müfste, wenn sie früher schon betrachtet worden wäre, und dieses um so mehr, da sie, wovon ich mich bald überzeugen konnte, bereits schon in den bekannten Rechnungsformeln, die wir der Wellentheorie des Lichts verdanken, enthalten sind, so nahm ich nichts desto weniger Anstand, mit ihr als einer neuen hervorzutreten, besonders aus dem Grunde, weil sie in Krystallplatten sich zeigt, die in den Händen eines jeden Physikers zu seyn pflegen, und es mir deshalb unglaublich schien, dafs sie sich so lange verborgen zu halten im Stande seyn sollte. Um in dieser Beziehung mir nichts vorwerfen zu müssen, nahm ich die Gelegenheit wahr, sie sowohl in der ersten als zweiten Section der im vorigen Jahre (1852) in Gotha tagenden Naturforscherversammlung vorzuzeigen, und die Bitte hinzuzufügen, mich davon in Kenntnifs zu setzen, ob vielleicht einem der anwesenden Herren diese Erscheinung oder auch nur Analoges bekannt geworden seyn sollte; aber obgleich daselbst viele ausgezeichnete Gelehrte und sogar Schriftsteller im Fache der Optik zu finden waren, wurde mir doch nicht die geringste Anzeige zu Theil, und so halte ich mich für berechtigt, dieselbe als eine vor mir noch nicht beobachtete auszugeben [1]). Es

1) Bei meiner neulichen Anwesenheit in München sagte mir der Hr. Verf., er habe seitdem ersehen, dafs Langberg in seiner »Analyse der isochromatischen Curven u. s. w.« (Annal. Ergänzbd. I. S. 540) bereits diese Erscheinung behandelt habe. Diefs ist auch wirklich der Fall, allein, wie es scheint, hat L. dieselbe nur vom theoretischen Standpunkt aus betrachtet, und nicht experimentell zu verwirklichen gesucht. *P.*

lassen sich zwei Ursachen für ihr kaum begreifliches so langes Verborgenbleiben angeben. Einmal bedient man sich zweier vereinigter Krystallplatten gewöhnlich nur zu Versuchen im Tageslichte, während die hier besprochene Erscheinung sich nicht anders als im homogenen Lichte zeigt, im Tageslichte dagegen nie gesehen werden kann; dann dienen zum Nachweis der geradlinigen Interferenzstreifen im Tageslichte häufig Bergkrystallplatten, die, wenn sie auch zufällig im homogenen Lichte gebraucht worden wären, jene Erscheinung nur in so verwickelter Weise zur Anschauung kommen lassen, dafs der Beobachter leicht unsicher bleiben konnte, wohin er sie zu stellen habe. Der Bergkrystall ändert vermöge seiner individuellen Natur diese Erscheinung ungleich stärker ab, als er bei allen vordem beobachteten Interferenz-Erscheinungen thut, und ist daher am wenigsten geeignet, sie in ihrer Reinheit erkennen zu lassen.

IX. *Betrachtungen über das Alpenglühen; von Prof. R. Wolf in Bern.*

(Aus den Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern aus d. Jahre 1852, S. 49.)

Um wo möglich etwas mehr Licht auf die mannigfaltigen Farbenwechsel zu werfen, welche *vor*, *während* und *nach* dem sogenannten *Alpenglühen* das Auge erfreuen, habe ich in den Jahren 1850 und 1851 eine Reihe von Beobachtungen unternommen, die ich hier genau nach dem Wortlaute des Beobachtungs-Journales folgen lasse, mir einzig erlaubend, ihnen zur Erleichterung der Discussion die Declinationen der Sonne, und die für die angegebenen Zeitmomente berechneten Zenithdistanzen derselben beizufügen:

Datum.	Declination der Sonne.	Sternzeit.	Zenithdistanz.	Erscheinung
1850.				
Nov. 15	— 18° 47'	19ʰ 48'	88° 43'	Leichte Färbung der Alpen.
		19 58	90 13	Die Sonne verschwindet; die Alpen schön gefärbt.
		20 1	90 40	Der reine Abendhimmel ist orange.
		20 4	91 7	Gegen Morgen zeigt sich die Gegendämmerung deutlich. Das Wetterhorn erlischt.
		20 12	92 21	Die Jungfrau erlischt, — die Gegendämmerung hat sich ungefähr zu ihr erhoben.
		20 15	92 49	Unter dem Erdschatten und über den Alpen röthet sich der Himmel wieder ein wenig, — gegen Osten nicht.
Nov. 24	— 20 35	20 4	86 58	Leichte Färbung der Alpen; die Sonne scheint durch Schichtwolken.
		20 17	88 49	Die Berge erlöschen; wahrscheinlich wegen zunehmender Bewölkung.
		20 20	89 15	Dumpfes Glühen der höchsten Alpen.
		20 22	89 32	Wahrscheinlich verschwindet die Sonne.
		20 23	89 41	Nur das Finsteraarhorn glüht noch ein wenig.
		20 44	92 48	Prächtiges Erröthen der Schichtwolken am Abendhimmel.
Dec. 3	— 22 8	20 44	88 29	Der Himmel über den Alpen ist orange, die Alpen röthlich, die Vorberge blau.
		20 50	89 19	Die Sonne verschwindet; der Abendhimmel zeigt nur wenige Wölkchen und Dünste.
		20 57	90 19	Das Wetterhorn erlischt.
		21 1	90 54	Das Schreckhorn erlischt; der Erdschatten hat die Höhe des Wetterhorns.
		21 5	91 28	Eiger, Mönch und Jungfrau erlöschen.
		21 7	91 46	Das Finsteraarhorn erlischt.
		21 21	93 50	Ueber den Alpen ist der Himmel etwas grünlich, die Alpen selbst schwach röthlich.
1851.				
Jan. 1	— 23 1	23 2	90 27	Die Alpen glühen, nachdem sie schon einmal ganz erloschen, neuerdings schön. Dieses zweite Glühen zeigt sich zuerst bei den tiefern Partien, und treibt den auf den Alpen liegenden Schatten nach oben. Der Abendhimmel ist bedeutend bewölkt.
		23 8	91 18	Die Jungfrau erlischt.
		23 11	91 44	Die Berge sind wieder etwas röthlich; gegen Abend zeigen sich am Himmel abwechselnd orange und dunkelgrüne Stellen.

Datum.	Declination der Sonne.	Sternzeit.	Zenithdistanz	Erscheinung.
		23h 27'	94° 4'	Die grünen Flecken werden blasser, die orangen röthen sich mehr.
		23 33	94 57	Die grünen Flecken erlöschen, und die Färbung nimmt überhaupt ab.
Jan. 11	— 21° 49'	0 13	93 27	Die Alpen haben verglüht und sind ganz weifs.
		0 23	94 57	Die Alpen sind im Maximum wieder ganz fleischfarben geworden, und zwar nicht nur die Spitzen, sondern die ganzen Massen; der *westliche Himmel*, der etwas Schichtwolken und Nebel zeigt, *ist bis gegen das Zenith hinauf leicht geröthet*.
		0 32	96 20	Die Alpen sind kaum mehr sichtbar.
Jan. 12	— 21 40	23 14	84 28	Die Alpen zeigen erste Spuren der Färbung.
		23 37	87 34	Die Alpen fangen an zu glühen.
		23 46	88 49	Die Sonne geht ganz rein unter; aber im Westen stehen einige Schichtwölkchen und Nebel; das Schreckhorn ist ganz dunkel, wie im Schatten.
		23 58	90 32	Der Hohgant erlischt.
		0 1	90 58	Das Wetterhorn erlischt.
		0 2	91 7	Die Altels erlischt.
		0 3	91 15	Eiger und Mönch erlöschen.
		0 6	91 42	Jungfrau und Finsteraarhorn erlöschen, und es erscheinen alle Alpen in grauem Kleide.
		0 19	93 38	Die Alpen sind weifs.
		0 26	94 41	Der westliche Himmel ist orange, *das sich gegen das Zenith hinauf in Roth verwandelt.*
		0 29	95 9	Die Alpen sind im Maximum fleischfarben.
Febr. 15	— 12 42	2 35	86 35	Das Thal ist blau-violet, die Berge fleischfarben, der Himmel über ihnen gelblich.
		2 42	87 41	Die Farben heben sich, und die tiefern Vorberge treten in Schatten.
		2 49	88 48	Der westliche Himmel, wo etwas Nebel zu stehen scheint, fängt an sich zu röthen, — auch die Sonne ist röthlich. Die meisten Vorberge stehen im Schatten.
		2 58	90 15	Die Sonne verschwindet; gegen Osten zeigt sich das schmutzige Gelbroth.
		3 0	90 34	Der Hohgant erlischt; gegen Westen ist der Himmel bräunlichroth; das Schreckhorn hat nur einige rothe Punkte in verschiedenen Höhen.

Datum.	Declination der Sonne.	Sternzeit.	Zenithdistanz.	Erscheinung.
		3h 3'	91° 3'	Der Niesen erlischt.
		3 6	91 33	Das Wetterhorn erlischt.
		3 7	91 42	Das Finsteraarhorn erlischt.
		3 8	91 52	Eiger und Mönch erlöschen.
		3 9	92 2	Die Jungfrau erlischt, — alle Alpen sind grau.
		3 11	92 22	Das dem schmutzigen Gelbroth nach unten folgende Blaugrau fängt an sich am Hohgant abzulösen, und dieser fängt an weifs zu werden.
		3 15	93 1	Dasselbe tritt bei den Hochalpen nach und nach ein. Im Westen zeigt sich nichts Besonderes.
		3 19	93 40	Die Berge haben wieder eine leichte Fleischfarbe, — etwa wie ¾ Stunden vor Sonnenuntergang.
		3 28	95 10	Die Alpen verschwinden; dagegen beginnt der Abendhimmel in orange zu spielen.
		3 39	97 0	Gegen Westen zeigt sich nur noch eine niedrige rothgelbe Bande.
		3 49	98 40	Das Abendroth ist bis auf eine mifsfarbige Spur verschwunden.
März 1	— 7° 38'	4 7	88 40	Hohgant und alle Vorberge bis Niesen schön roth; Alpen bedeckt; im Westen Wolkenstreifen; die Sonne ungewöhnlich roth.
		4 16	90 10	Sonnenuntergang. Die Wolken in den Alpen, die scheinbar in der Höhe des Gurten nach oben scharf abgeschnitten sind, sind roth und nach oben violet. Die Alpen glühen stark, und scheinen durch die Wolken, von denen sie sich nach und nach befreien. Der Abendhimmel ist vergoldet, — nur tief am Horizonte braunrothe Dünste.
		4 20	90 50	Der Vordergrund ist blaugrau.
		4 21	91 0	Der Hohgant erlischt.
		4 24	91 31	Niesen und Altels erlöschen.
		4 25	91 41	Hohgant und Niesen grauweifs. Die Wolken über den Alpen blau-violet und über ihnen der Himmel rothbraun. Die Alpen scheinen nicht mehr durch.
		4 28	92 11	Blümlisalp erlischt. Der Abendhimmel fängt an sich zu färben.
April 6	+ 6 24	— —	— —	Die Alpen glühen nach Sonnenuntergang ziemlich schön, und erbleichen dann allmälig nach ihrer ganzen Aus-

Datum.	Declination der Sonne.	Sternzeit.	Zenithdistanz.	Erscheinung.
				dehnung gleichzeitig, bis auf ein röthliches Weifs. Ein Erlöschen nach oben hat nicht eigentlich statt, — die ganzen Massen bleiben nahe gleich gefärbt. Der Abendhimmel ist ziemlich bewölkt.
Juni 28	+ 23° 18′	14h 10′	88° 54′	Sonnenuntergang. Nach Westen einige Dünste.
		14 20	90 18	Gleichmäfsig von oben bis unten fast erloschen, — kein eigentliches Verglühen.
Aug. 4	+ 17 16	16 11	89 26	Prächtiges Glühen. Der westliche Horizont und der ganze Himmel rein.
		16 22	91 7	Stockhorn erloschen.
		16 25	91 34	Das Glühen schwächer, — aber noch bis in einige Tiefe.
		16 27	91 52	Alles weifs geworden, — aber nicht durch allmäliges Zurückziehen gegen die Spitze, sondern massenhaft; es war keine Möglichkeit, das Erlöschen einzelner Spitzen anzugeben.
		16 30	92 19	Das Rothbraune steht gerade über den Hochalpen, — sie selbst schon im Grauen.
		16 36	93 13	Die Berge haben wieder ihre natürliche Farbe.
Oct 11	— 6 59	— —	— —	Prächtiges Glühen. Im Westen leichte Dünste, — wohl eine Bedingung für ein normales Verglühen. Die Berge erlöschen in folgender Reihe: Niesen, Wetterhorn, Schreckhorn, Doldenhorn, Eiger, Mönch, Finsteraarhorn, Altels, Blümlisalp, Jungfrau.

Es scheint aus diesen Beobachtungen hervorzugehen, dafs sich bei jedem normalen Verlaufe des Alpenglühens folgende Momente unterscheiden lassen:

1) Wenn die Zenithdistanz der Sonne etwa 85° geworden ist, so ist der Weg der Sonnenstrahlen durch die Luft hinlänglich angewachsen, um dem freien Auge den Ueberschufs des durchgelassenen rothen Lichtes wahrnehmbar zu machen, — die Berge beginnen sich leicht zu röthen.

2) Ist die Zenithdistanz etwa 88° geworden, so werden die tieferen Gründe blau-violet, während die Alpen zu glühen

glühen beginnen, und dieses Glühen nimmt zu bis die Zenithdistanz etwa 91° geworden ist, also bis nach dem scheinbaren (durch die Refraction verspäteten) Uebergange am freien Horizonte.

3) Nun zieht sich das Glühen rasch auf die höchsten Spitzen der Alpen zurück, und wenn die Zenithdistanz etwa 92° geworden ist, so sind auch diese erloschen, während sich die Gegendämmerung bereits von den niedrigern Alpen abgelöst hat.

4) Wie sich die Gegendämmerung auch von den Hochalpen abgelöst hat, etwa bei 93¼° Zenithdistanz der Sonne, ist das anfängliche Grauweiſs der Schneefelder und Gletscher wieder in reines Weiſs übergegangen.

5) Noch etwas später, etwa bei 94° Zenithdistanz, röthen sich jedesmal die Alpen wieder ganz leicht, — manchmal jedoch auch, wenn der Abendhimmel gehörig nachhilft, noch recht kräftig, so daſs man gewissermaſsen ein *Nachglühen* sieht. Dieses Nachglühen ist wohl, wie schon Kämtz (Meteorologie III. 65) andeutet, durch von der Atmosphäre reflectirte rothe Strahlen zu erklären. (Vergleiche z. B. die Beobachtungen vom 11. und 12. Januar.)

6) Gleichzeitig wie die Färbung des Abendhimmels intensiver wird, nimmt diese zweite Färbung der Alpen wieder ab, und wenn die erstere etwa bei 95° Zenithdistanz ihr Maximum erreicht hat, sind die Alpen schon nahe in der eigentlichen Dämmerung verschwunden.

Ein *scheinbares*, von dem erwähnten Nachglühen wohl zu unterscheidendes, zweites Glühen, wie es z. B. in der Beobachtung vom 1. Januar durch eine momentane Unterbrechung des eigentlichen Glühens entstand, und wie es jedesmal entstehen wird, wenn die Sonne zwischen 88° und 90° Zenithdistanz für einige Minuten hinter eine dichte Wolkenschicht tritt, mag schon oft einen, der Aussicht nach Westen beraubten, Beobachter irre geführt haben.

Ohne mich in eine weitere Discussion dieser Beobachtungen, welche ich gelegentlich noch einmal aufzunehmen beabsichtige, einzulassen, glaube ich noch aufmerksam ma-

chen zu müssen, dafs nicht nur der Zustand der Atmosphäre am westlichen Horizonte, sondern (wie sich durch Vergleichung der die Untergangspunkte der Sonne bestimmenden Declinationen derselben mit den für dieselbe Erscheinung an verschiedenen Tagen erhaltenen Zenithdistanzen ziemlich klar herausstellt) namentlich auch die Gestaltung des den Horizont begränzenden Terrains von grofsem Einflusse auf diese Phänomene zu seyn scheint.

X. *Die periodischen Sternschnuppen des August; von G. v. Boguslawski.*

Die Beobachtungen des Hrn. Coulvier-Gravier's über die periodischen Sternschnuppen des August und die damit verknüpfte Ansicht des französischen Gelehrten (in einem Berichte an die pariser Akademie) [1]) veranlassen mich, der ich mich seit einer Reihe von Jahren mit der Untersuchung der periodischen Sternschnuppen beschäftige, zu einigen Gegenbemerkungen, welche ich in einer ausführlichen Note der pariser Akademie mitzutheilen gedenke, und deren Hauptpunkte ich hiermit vorläufig veröffentlichen will, um die regelmäfsige Fortdauer der *August-Periode* (oder den Quetelet'schen *Sternschnuppenphänomenen*) zu erweisen.

Nach der aus seinen eigenen Sternschnuppenbeobachtungen geschöpften Ansicht behauptet Hr. Coulvier-Gravier, dafs das Maximum des ganzen Phänomens seit dem Jahre 1848 fortwährend abnehme, und dafs im Jahre 1860 seine periodische Wiederkehr gänlich aufhören werde, dafs wir also von diesem Jahre ab *keinen aufsergewöhnlichen Sternschnuppenfall im August mehr sehen werden.* Hr. Coulvier-Gravier stützt diese Behauptung auf mehrjährige tägliche Beobachtungen der Sternschnuppen, *die er aber*

1) Siehe Ann. S. 192 des vorigen Hefts. P.

immer nur um Mitternacht anstellte. Es ist nun aber sehr die Frage, ob gerade zu dieser Nachtzeit der zahlreichste Sternschnuppenfall eintrete, und es ist mindestens sehr gewagt, von der aus *einer* Beobachtungsstunde erhaltenen Anzahl von Sternschnuppen auf die Gesammtzahl des ganzen Phänomens zu schliefsen. Durch die scharfsinnigen Untersuchungen des Hrn. Prof. Heis in Münster ist es klar erwiesen, dafs für das August-Phänomen drei *Radiationspunkte* bestehen, von denen aus die überwiegende Anzahl aller Sternschnuppen desselben auszugehen scheinen: diese Vielheit der Radiationspunkte nun und ihre Existenz überhaupt ist das sicherste Kennzeichen eines *aufsergewöhnlichen* oder *periodischen* Sternschnuppenfalls, welcher sich also nicht *allein* durch die *gröfsere* Anzahl der einzelnen Sternschnuppenerscheinungen merklich macht. Nun ist seit der Auffindung der Radiationspunkte für das August-Phänomen die Existenz derselben jedes Jahr durch zahlreiche Beobachtungen erhärtet worden; so weisen z. B. von den am 10. August 1852 von mir in Breslau beobachteten 32 Sternschnuppen 14 auf den im Perseus gelegenen Radiationspunkt hin, 8 auf den im Drachen, 6 auf den am Nordpol und nur 4 waren sporadische, d. h. solche Sternschnuppen, welche *keinen* gemeinsamen Convergenzpunkt hatten. Leider war in diesem Jahre die Witterung den Beobachtungen weniger günstig: jedoch ist es mir am 9. August geglückt, von 10 bis 2 Uhr Nachts bei halbbedecktem Himmel 20 Sternschnuppen in ihrer Bahn zu bestimmen, von denen wiederum 12 auf die Gegend im Perseus hinwiesen. — Aber auch an zahlreichen anderen Orten ist die Existenz dieser Radiationspunkte in den letzten Jahren dargethan worden: so in Aachen, Münster, Bonn, Brüssel, Gent, Oxford und New-Haven in Nordamerika. Somit dürfte also wohl in dieser Hinsicht die Fortdauer des August-Phänomens auch für künftige Jahre verbürgt seyn.

Ferner ergiebt sich aus den zahlreichen von mir gesammelten Beobachtungen des August-Phänomens, dafs

keineswegs die Zeit um Mitternacht diejenige sey, in welcher die meisten Sternschnuppen sichtbar sind, sondern dafs vielmehr *keine bestimmte Stunde* als die des häufigsten Falles angegeben werden kann, indem dieser Umstand zu sehr von zufälligen Einflüssen abhängig ist, als dafs man bis jetzt eine *allgemein gültige* Regel hierfür aufstellen könnte. Ich will unter unzähligen Beispielen nur einige besonders charakteristische anführen.

In der sternschnuppenreichen Nacht von 1837, August 10., in welcher das August-Phänomen sich auf der ganzen Erde in Europa, wie in Amerika gleich herrlich und glänzend zeigte, wurde in *Paris* das Maximum des Sternschnuppenfalles von 11^h 15^m bis 12^h 15^m, also vor Mitternacht beobachtet, in *Breslau* von 1^h bis 2^h Nachts, in *Mailand* sogar von 2 bis 3 Uhr. 1838, August 9. und 10., trat das Maximum in Nord-Amerika von 3 bis 4 Uhr ein; 1839, August 10., in Breslau von 1 bis 2 Uhr, in Frankreich von 12 bis 1 Uhr. 1841, August 10., in Aachen von 9 bis 10 Uhr, 1842, August 9., in Aachen von 10 bis 11 Uhr, August 10., von 11 bis 12 Uhr und August 11., von 12 bis 1 Uhr; 1844, August 10., eben da zwischen 10 und 11 Uhr; 1847, August 11., zwischen 12 und 1 Uhr u. a. m.

Wenn also Hr. Coulvier-Gravier seine Behauptung der jährlichen Abnahme des August-Phänomens auf seine nur *einstündlichen* Beobachtungen stützt, so dürfte sie sich wohl nicht als die *richtige* erweisen, wenn man bedenkt, zu wie verschiedenen Nachtzeiten das Maximum des Sternschnuppenfalles eintreten kann und dafs man noch gar nicht berechtigt ist, auf eine Abnahme der Häufigkeit der August-Sternschnuppen, oder gar auf ein gänzliches Verschwinden der August-Periode zu schliefsen, wenn in einigen Jahren die Anzahl der um Mitternacht beobachteten Sternschnuppen geringer ist, als in manchen früheren. Ueberdiefs hat Hr. Coulvier-Gravier im Jahre 1848, für welches er das Maximum annimmt, um Mitternacht eine stündliche Anzahl von *nur* 81 *Sternschnuppen* beobachtet, während er im Jahr 1849 um dieselbe Zeit 120, im Jahr 1850 84 Stern-

schnuppen hat beobachten können. Ebenso widerlegt sich eine andere Behauptung Coulvier-Gravier's durch seine eigenen Beobachtungen, nämlich die, dafs zwischen der Zeit von Juli 26. (dem Juli-Phänomen) und August 11. *keine* Unterbrechung der steigenden Progression der *stündlichen Anzahl* der Sternschnuppen stattfinde, dafs also das August-Phänomen nur eine Fortsetzung des Juli-Phänomenes sey und das Maximum desselben nicht *plötzlich*, sondern allmälig eintreffe. Es ergiebt sich aber aus seinen, wie aus allen anderen Beobachtungen, dafs der Sprung in der Anzahl der Sternschnuppen von August 8. zu August 9. *keineswegs* zu übersehen ist, vielmehr dafs er den normalen Fortgang der Progression auf eine merkliche Weise stört. Hiernach ist also ebenfalls die selbstständige Existenz des August-Phänomenes, so wie seine Fortdauer erwiesen. Es ist natürlich hierbei zu beachten, dafs die Entfaltung desselben nicht in jedem Jahre eine gleich grofse sey, indem dieselbe von zu vielen kosmischen Einflüssen abhängig ist, welche wir noch nicht alle kennen, also auch nicht in Rechnung zu ziehen vermögen; bis jetzt ist aber die August-Periode noch immer diejenige Sternschnuppenperiode, welche sich als die in ihrer Wiederkehr regelmäfsigste herausgestellt hat. Schon früher hat A. v. Humboldt, gestützt auf *Breslauer* Beobachtungen im November 1849, die Behauptung Coulvier-Gravier's *glänzend* widerlegt, dafs das November-Phänomen als aufsergewöhnliches, periodisches zu existiren aufhöre. (*Cf. Compt. Rend. t. XXIX, p.* 601 und 637.)

Es giebt aber endlich noch einen *innern* Grund für die *Fortdauer der August-Periode* als solcher, und zwar liegt dieser in den zahlreichen Nachrichten, welche wir von einem aufsergewöhnlichen Sternschnuppenfalle in dem Monate August schon aus den ältesten Zeiten besitzen, und die bis in die neueste Zeit hineinreichen, so dafs man in der That nicht gut einsehen kann, warum gerade jetzt das August-Phänomen als *periodisches* aufhören solle zu existiren? Denn gerade in der neuesten Zeit hat sich das August-Phänomen an den verschiedensten Orten der Erde als ein

eben so glänzendes erwiesen, als wie wir es aus mannigfachen älteren Nachrichten kennen.

Breslau, 1853, im September.

XI. *Ueber die Veränderungen der Rotationsaxe der Erde durch Veränderungen auf der Erdoberfläche; von Oberlehrer Dr. Haedenkamp zu Hamm in Westphalen.*

Die mannigfachen Ortsveränderungen, die alle Theile der Erdoberfläche in den verschiedenen geologischen Perioden erlitten haben und noch täglich erleiden, müssen nothwendig auch Veränderungen in der Lage der sogenannten Hauptaxe und somit auch in der Rotationsaxe der Erde herbeiführen, die allerdings nur sehr klein seyn können, da die der Lage nach veränderten Massen gegen die Gröfse der Erde nur ganz unbedeutend sind. Es kann aber immer doch die Frage aufgeworfen werden, ob solche Oscillationen der Erdaxe noch mit unseren vervollkommneten astronomischen Hülfsmitteln im Verlaufe der Zeit bei den andauernden Veränderungen der Erdoberfläche an den Polhöhen beobachtet werden können. Die hier in Rede stehenden Veränderungen entstehen einmal wie bekannt dadurch, dafs die Massen durch unterirdische Kraft zu Gebirgen emporgehoben werden, und dann vielleicht in ebenso grofsem Maafse dadurch, dafs die Flüsse durch ihre unaufhörliche mechanische Thätigkeit grofse Massen von einem Punkte der Erde zu einem weit entlegenen anderen führen. Andere weiter wichtige Ursachen der Veränderungen übergehe ich. Ich werde hier, nur im Allgemeinen die äufsersten Gränzen des Wankens der Erdaxe bemessen zu können, nur einige Hauptveränderungen und deren Effecte betrachten; für eine genauere Kenntnifs, wenn überhaupt

möglich, fehlen uns bis jetzt wenigstens die nöthigen Anhaltspunkte.

Zunächst werde ich die Formeln, nach welcher die hier zur Sprache gebrachten Veränderungen der freien Axe der Erde sich berechnen lassen, entwickeln. Zu diesem Ende werde ich, um nicht die bekannten Sätze über die freien Axen des Körpers hier von Neuem zu entwickeln, mich der Bezeichnungen und Formeln, die Poisson in seiner Mechanik gebraucht hat, bedienen. Wenn auf der Oberfläche der Erde eine Masse m von dem Punkte (x', y', z') nach dem Punkte (x, y, z) wandert, so wird dadurch eine Veränderung der freien Axe der Erde erfolgen müssen, die unter der Voraussetzung, dafs diese klein genug sey, nach der Bezeichnung von Poisson durch die beiden Gleichungen

$$(f\sin^2\psi + g\cos^2\psi - h)\sin\Theta = -(g'\sin\psi + f'\cos\psi)$$
$$(f-g)\sin\psi\cos\psi\sin\Theta = -(g'\sin\psi - f'\cos\psi)$$

bestimmt werden, in welchen ψ und Θ die Verrückungen der freien Axe nach Länge und Breite bedeuten. Aus diesen Gleichungen ergiebt sich leicht:

$$\sin\Theta\cos\psi = \frac{g'}{A-C},$$
$$\sin\Theta\sin\psi = \frac{f'}{B-C}.$$

In diesen Gleichungen bedeuten:

$$g' = xzm - x'z'm$$
$$f' = yzm - y'z'm.$$

Für die Effecte aller transportirten Massen müfste das Summenzeichen gebraucht und also gesetzt werden:

$$g' = S(xzm) - S(x'z'm),$$
$$f' = S(yzm) - S(y'z'm).$$

Setzt man die Länge und Breite des Orts der Masse m vor und nach dem Transporte: β', λ' und β, λ, dann ist

$$x = r\cos\beta\cos\lambda, \quad x' = r\cos\beta'\cos x',$$
$$y = r\cos\beta\sin\lambda, \quad y' = r\cos\beta'\sin\lambda',$$
$$z = r\sin\beta, \quad z' = r\sin\beta'.$$

Hieraus wird:

$$g' = \frac{r^2 m}{2(A-C)} [\sin 2\beta \sin\lambda - \sin 2\beta' \sin\lambda'],$$

$$f' = \frac{r^2 m}{2(A-C)} [\sin 2\beta \cos\lambda - \sin 2\beta' \text{sos}\,\lambda'].$$

Multiplicirt man die erste dieser Gleichung mit $\sin\lambda$ und die zweite mit $\cos\lambda$ und addirt, nachdem $A = B$ gesetzt worden, so ergiebt sich:

$$\sin\Theta \sin(\lambda + \psi) = \frac{m r^2}{2(A-C)} [\sin 2\beta - \sin 2\beta' \cos(\lambda' - \lambda)].$$

Bezeichnet man die Veränderung, die die Breite β durch die Verrückung des Pols erfährt, durch δ, dann ist in dem sphärischen Dreiecke, dessen Ecken der Punkt (x, y, z) und die Pole vor und nach der Verrückung der Erdaxe sind:

$$\cos(\beta + \delta) = \cos\beta \cos\Theta + \sin\Theta \sin\beta \sin(\lambda' - \psi),$$

und bei der Kleinheit von δ und Θ:

$$\sin\delta = \sin\Theta \sin(\lambda + \psi),$$

daher endlich:

$$\sin\delta = \frac{m r^2}{2(A-C)} [\sin 2\beta - \sin 2\beta' \cos(\lambda' - \lambda)].$$

Die gröſste Veränderung der freien Axe der Erde würde durch den Transport der Masse m erfolgen, wenn

$$\beta = \beta' = 45^\circ \text{ und } \lambda' - \lambda = 180^\circ,$$

oder wenn

$$\beta = -\beta' = 45^\circ \text{ und } \lambda' - \lambda = o.$$

Für den gröſsten Effect ist:

$$\sin\delta = \frac{m r^2}{A - C}.$$

Es ist bekanntlich für die Erde, wenn deren Masse durch M und deren Abplattung durch ε bezeichnet wird:

$$\frac{A-C}{r^2} = \frac{\varepsilon(2-\varepsilon)}{5} M = \frac{2\varepsilon M}{5} \text{ nahe.}$$

Das Gewicht der Erde, wenn die mittlere Dichtigkeit der Erde nach Reich zu 5,44 angenommen wird, ist:

$$M = 12{,}5.\ 10^{24} \text{ Pfunde pr.}$$

Das Gewicht einer Cubikmeile Masse für eine mittlere Dichtigkeit der Massen auf der Erdoberfläche von 2,5 ist

$= 216, 10^{13}$ Pfunde pr.

Für den günstigsten Fall des Transports von einer Cubikmeile Masse von der angegebenen Dichtigkeit wäre die Aenderung der Hauptaxe der Erde aber

$$\delta = \frac{5m}{2\epsilon M} = 0{,}0268 \text{ Bogen-Sekunden},$$

für n Cubikmeilen wäre

$$\delta = 0{,}0268''.n$$

und allgemein

$$\delta = 0{,}0134''.n.[\sin 2\beta - \sin 2\beta' \cos(\lambda' - \lambda)].$$

Will man diese Formel auf die durch die Flüsse transportirten Massen anwenden, so mufs man wissen, wie viel feste Bestandtheile die einzelnen Flüsse aus ihren Gebieten dem Meere zuführen und aus welchen Entfernungen. Wir besitzen aber hierüber nur wenige und unsichere Angaben. Nach den neueren Angaben von Dickeson betragen die festen Bestandtheile, die der Mississippi z. B. jährlich in den Mexikanischen Meerbusen führt, dem Volumen nach $\frac{1}{1000}$ von seiner Wassermasse. Beim Ganges ist dieses Verhältnifs nach Everest nahe $\frac{1}{856}$. Beim Gelbenflusse soll dieses Verhältnifs sogar $\frac{1}{200}$ seyn. Lyell giebt das Verhältnifs der festen Bestandtheile des Rheins zu der Wassermasse zu $\frac{1}{1000}$, Horner zu $\frac{1}{1200}$ und Harstoker zu $\frac{1}{200}$ bei der Fluthzeit an. Manfredi schätzte das Verhältnifs der Niederschläge zu der Wassermasse aller Flüsse wie 1 : 175. Der Rhein führt nach gemachten Beobachtungen alle 5 Jahre ungefähr eine Cubikmeile Wasser in die Nordsee; er würde also, wenn wir auch das Verhältnifs der festen zu den flüssigen Bestandtheilen des Rheins von 1 : 1000 zulassen, in 5000 Jahren 1 Cubikmeile fester Masse in diesem Meere absetzen. Durch diese Masse würde die freie Axe der Erde in dieser Zeit höchstens eine Verrückung von $\frac{2}{1000}$ einer Bogen-Sekunde erleiden. Wir wollen ein anderes Beispiel nehmen. Die drei mächtigsten Ströme Asiens: Obi, Jenisei und Lena, deren Effecte sich auch nahe addiren, sind nach Berghaus zusammen 37 mal gröfser als der Rhein und führen jährlich 7,4 Cubikmeile

Wasser in das Eismeer. Bei einem Verhältniſs des Festen zu dem Flüssigen von $\frac{1}{300}$ würden diese Flüsse in 500 Jahren 7,4 Cubikmeilen fester Masse dem genannten Meere zuführen und eine Verrückung der freien Axe von $\frac{5}{100}$ Bogen-Sekunden in dieser Zeit bewirken. Der Effect des Mississippi würde in derselben Zeit 0,01″ betragen. Der gröſste Strom der Erde giebt nach der obigen Formel wegen seiner Lage über dem Aequator gar keinen Effect. Wir sehen aus diesen Beispielen, wie wenig die gröſsten Ströme der Erde die Lage der freien Axe der Erde zu verändern vermögen; da nun noch die Effecte aller Flüsse sich vielfach gegenseitig zerstören, so muſs der, aus der Gesammtwirkung derselben, resultirende Effect so klein ausfallen, daſs er sich den Beobachtungen der Astronomen bis jetzt entziehen muſs.

Eine andere Kraft, welche zu allen Zeiten auf die Form der Oberfläche den mächtigsten Einfluſs geübt hat, ist diejenige, welche die Massen zu Gebirgen emporhebt. Um sich von seiner Wirkung auf die Veränderung der Hauptaxe der Erde einen Begriff zu machen, setze man, die Masse m werde durch unterirdische Kräfte in senkrechter Richtung um die Gröſse αr verschoben, es ergiebt sich dann aus den obigen Gleichungen:

$$\sin\Theta\sin\psi = \frac{r^2 m\,\alpha\sin 2\beta\sin\lambda}{A-C},$$

$$\sin\Theta\cos\psi = \frac{r^2 m\,\alpha\sin 2\beta\cos\lambda}{A-C},$$

und hieraus:

$$\sin\Theta = \frac{r^2 m\,\alpha\sin 2\beta}{A-C} = 0{,}0268''.\alpha.n\sin 2\beta.$$

Für die Gesammtwirkungen der Massen müſste man auch hier setzen:

$$\sin\Theta\sin\psi = \frac{r^2}{A-C}.S(\alpha\sin 2\beta\sin\lambda),$$

$$\sin\Theta\cos\psi = \frac{r^2}{A-C}.S(\alpha\sin 2\beta\cos\lambda).$$

A. v. Humboldt hat die in den verschiedenen geolo-

gischen Perioden gehobenen Gebirgsmassen über dem jetzigen Meeresspiegel für die einzelnen Theile der Erdoberfläche berechnet, und für Asien z. B. gefunden, dafs diese auf die ganze Fläche Asiens gleich vertheilt, eine Erhöhung des Bodens von ungefähr 1000' bewirken. Hiernach werden die gehobenen Massen für diesen Erdtheil nicht über 44000 Cubikmeilen betragen. Da die einzelnen Gebirge zu verschiedenen Höhen gehoben sind, so ist es schwer, auch nur einen annähernden Werth für α anzugeben, Nimmt man für α die Erhöhung des Schwerpunkts an, den man erhält, wenn diese Massen auf das Hochland Asiens vertheilt gedacht werden, so würden doch diese so gewaltigen Massen nur ungefähr um den zehnten Theil einer Bogen-Sekunde die Lage der freien Axe der Erde verrückt haben. Wenn auch die als am höchsten gehobenen Massen der Hochgebirge Asiens zwischen den 28 und 40 Graden der Breite zu 10000 Cubikmeilen gerechnet werden, so müfste doch eine mittlere Verschiebung dieser Massen in senkrechter Richtung von 3 Meilen (eine Entfernung, die der tiefsten Senkung des Meerbodens bis zum höchsten Gipfel des Himalaya gleich kommt) angenommen werden, um einen Effect von nur einer Bogen-Sekunde zu erhalten. Es ist gewifs, dafs die jüngsten und gröfsten Massenerhebungen auf der Erdoberfläche, wie die des Himalaya-Gebirges, der Alpen, der Andeskette u. s. w. noch nicht Veränderungen von einer Bogen-Sekunde in der Lage der freien Axe der Erde hervorgerufen haben. Dafs die jetzt noch statthabenden allmäligen Hebungen ganzer Länder einen sichtbaren Effect der hier zur Sprache gebrachten Art, selbst nach langen Zeiträumen, nicht geben können, ist aus dem Vorhergehenden leicht zu beweisen.

Hamm den 26. Sept. 1853.

XII. *Noch ein Wort über die Fessel'sche Rotationsmaschine.*

Im vorigen Hefte dieser Annalen (S. 174) hat Hr. Prof. Plücker eine kurze Nachricht gegeben von der durch Hrn. Fessel construirten Rotationsmaschine, welche in verstärktem Maafse die auffallende und lehrreiche Erscheinung zeigt, die sich bei dem bekannten Bohnenberger'schen Apparate einstellt, wenn man die Axe der rotirenden Kugel an einem Ende mit einem Gewichte beschwert (Gilb. Ann. Bd. 60, S. 65). Seitdem habe ich diese kleine Maschine durch ein von Hrn. Fessel erhaltenes Exemplar näher kennen gelernt und bin somit in den Stand gesetzt, das günstige Urtheil des Hrn. Prof. Plücker über dieselbe aus eigener Ansicht bestätigen zu können. Dabei habe ich aber auch Veranlassung gehabt zu glauben, dafs es Manchem nicht unerwünscht seyn möchte, gezeigt zu sehen, wie sich die Erscheinung, wenigstens in ihren Hauptzügen, ohne Calcül erklären lasse. Es sey mir daher erlaubt hier eine solche Erklärung folgen zu lassen, wenngleich sie auch nur eine unvollkommene Darstellung der wahren Theorie genannt werden kann.

Gesetzt der Apparat habe anfangs die in Fig. 7 Taf. II (dieses Hefts) abgebildete Stellung, d. h. der Ring mit der darin drehbaren Scheibe befinde sich rechts von der verticalen Axe *E*; es werde ferner die Axe *B* horizontal gehalten und in Rotation versetzt, z. B. so, dafs die dem Beobachter zugewandte Seite *A* der Scheibe sich aufwärts bewege. Durch diese Rotation haben alle Theile der Scheibe tangentielle Geschwindigkeiten erlangt, welche man sich in verticale und horizontale Componenten zerlegt denken kann. Bei der vorausgesetzten Richtung der Rotation gehen die verticalen Componenten in der dem Beobachter zugewandten Scheibenhälfte hinauf, in der abgewandten

hinunter, die horizontalen dagegen in der oberen Scheibenhälfte von dem Beobachter ab, in der unteren auf ihn zu.

Nun denke man sich den Ring *C* losgelassen, so dafs er mit seinem Inhalt dem Zuge der Schwerkraft folgen kann. Der nächste Effect davon wird seyn, dafs das Ende *B* der um den horizontalen Stift *D* drehbaren Rotationsaxe sich ein wenig senkt und somit der Scheibe eine schiefe Stellung ertheilt. Dadurch werden die horizontalen Componenten der früheren Bewegung in ihrer Lage zu der Scheibe nicht geändert, wohl aber die verticalen. Diese letzteren treten jetzt zur Ebene der Scheibe heraus, vorne, wo sie aufsteigen nach der Linken, hinten, wo sie hinabgehen, nach der Rechten. Sie werden also, da die Theilchen der Scheibe ihnen nicht mehr ganz folgen können, eine Seitenkraft auf dieselben ausüben, die, winkelrecht gegen die Ebene der Scheibe stehend, die vordere Hälfte derselben nach der Linken, die hintere nach der Rechten zieht. Beide Wirkungen unterstützen sich also, und die Folge davon ist eine Rotation der ganzen Vorrichtung um die verticale Axe *E*, von oben gesehen, im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers. Die auffallende Erscheinung, dafs ein Druck auf die Axe eines frei rotirenden Körpers seinen Effect zunächst in winkelrechter Richtung äufsert, hat also einen ziemlich einfachen Grund.

Bei diesem ersten Effect bleibt aber der Vorgang nicht stehen. So wie nämlich, im vorliegenden Falle, die Drehung der Scheibe um die verticale Axe *E* erfolgt, treten auch die horizontalen Componenten der ursprünglichen Bewegung zur Rotationsebene heraus, und üben winkelrecht gegen die Scheibe eine Seitenkraft aus, die in der unteren Hälfte nach der Rechten, in der oberen nach der Linken wirkt. Der vereinte Effect beider Wirkungen hat eine Drehung der Scheibe um die horizontale Axe *D* zur Folge und zwar in aufrechter Richtung, also entgegengesetzt der, welche die Schwerkraft dem rotirenden Systeme einprägt,

und auch, wie die strengere Theorie lehrt, ihr vollkommen gleich, wenn die Axen keine Reibung darböten [1]).

Die vorstehende Erklärung macht, trotz ihrer Mangelhaftigkeit, auch begreiflich, weshalb rotirende Körper, die nur nach zwei rechtwinklichen Richtungen hin frei beweglich sind, nicht jene Stabilität der Rotationsebene zeigen können, welche man von jeher an der Bohnenberger'schen Kugel bewundert hat, und weshalb also rotirende Systeme, denen eine allseitige Beweglichkeit abgeht, was man wohl übersehen hat, nicht zum Erweise der Rotation der Erde anwendbar sind. Experimentell kann man sich davon überzeugen durch eine kleine Vorrichtung, die Hr. Fessel meinem Exemplare seiner Maschine hinzugefügt hat. Unterhalb *D* befindet sich nämlich ein kleiner Schieber, durch welchen die Drehung um diese Axe und also das Sinken der Scheibe verhindert werden kann. So wie derselbe vorgeschoben ist, nimmt die Scheibe, wie schnell sie auch um die alsdann horizontale Axe *B* rotiren mag, keine Drehung um die verticale *E* an, und ebenso leistet sie gegen eine ihr absichtlich um die letztere Axe mitgetheilte Drehung keine andere Reaction aus als die, welche aus Trägheit der Materie, Reibung und Luftwiderstand erfolgt. Hängt man aber den Ring an einem Faden auf oder läfst ihn auf einer Spitze schweben (wozu mein Exemplar bei *D* mit einem Hütchen und einem Stifte zur Anfügung eines Gegengewichts versehen ist), so hat man sogleich Gelegenheit sich von jener Stabilität fühlbar zu überzeugen.

Ebenso ist nach der gegebenen Erklärung leicht zu ersehen, weshalb bei dem interessanten Instrumente des Hrn. Prof. Magnus (Ann. Bd. 88, Taf. I., Fig. 7), trotz der allseitigen Beweglichkeit des Systems, keine Stabilität vorhanden seyn kann, sobald die beiden Scheiben in entgegengesetzten Richtungen rotiren.

1) Ein rotirender Kreisel, obwohl er sonst nur in minder auffallender Weise die Erscheinung des Fessel'schen Apparates zeigt, hat andrerseits wegen der geringeren Reibung, die er darbietet, Vorzüge vor diesem.

Was schliefslich die Anwendung des Bohnenberger'schen Apparats zum Erweise der Rotation der Erde betrifft, eine Anwendung, auf welche ich glaube zuerst hingewiesen zu haben, (Ann. 1851, Juni, Bd. 83, S. 308), so hat später Hr. Person (*Compt. rend.* 1852, Sept. 27. und Oct. 18., *T.* 35, *p.* 417 *et* 519) die ganze richtige Bemerkung gemacht, dafs der Apparat, um ihn dem Einflufs der Rotation der Erde vollständig zu entziehen, mit seiner Hauptaxe parallel der Erdaxe gestellt werden müsse. In der That ist klar, dafs jede Drehung des ganzen Apparats um eine Axe, die nicht mit einer der drei schon darin vorhandenen Axen zusammenfällt, die Rotation der Kugel abändern mufs. Um diese Abänderung experimentell nachzuweisen, wäre es wohl ganz zweckmäfsig den Apparat noch mit einer vierten und zwar verticalen Axe zu versehen, die ihn trüge und wie die innerste durch das Abziehen eines aufgewickelten Fadens in schnelle Rotation versetzt werden könnte. Diese Axe müfste zwischen das Fufsgestell *H* und die den äufseren Ring *A* tragende Hülse *b* eingeschaltet werden (Gilb. Ann. Bd. 60, Taf I., Fig. 4) und der Ring in der Hülse verschiebbar und an jedem beliebigen Punkte festzuschrauben seyn. Dann ist es möglich, der Rotationsaxe der Kugel jede verlangte Stellung gegen die neue Axe zu geben. *P.*

XIII. *Passiver Zustand des Nickels und Kobalts.*

Hr. J. Nicklés hat gefunden, dafs Nickel und Kobalt, gleich dem Eisen, passiv zu werden im Stande sind. Die zu seinen Versuchen angewandten Metalle waren in chemischer Reinheit von Hrn. H. Deville dargestellt und zu Drähten ausgezogen.

In rauchender Salpetersäure erlangen die beiden Metalle nur eine Passivität von kurzer Dauer, aber dieselbe

wird sogleich stabil, wenn man sie, nachdem sie über der Weingeistflamme oder über Kohlenfeuer gebläut worden, heifs in die Säure taucht. Von diesem Moment an verhalten sie sich ganz wie passives Eisen, obgleich sie in Salpetersäure weniger negativ als dasselbe sind. Sie vermögen indefs ihren passiven Zustand auf das in nicht rauchende Salpetersäure getauchte active Eisen zu übertragen.

Platin ist negativ gegen alle drei Metalle im passiven Zustand, und in diesem Zustand ist jedes der letzteren negativ gegen sich im positiven Zustand.

In beiden Zuständen unter sich verglichen zeigten die drei Metalle bei Anwendung verschiedener Flüssigkeiten folgendes elektrochemisches Verhalten:

Flüssigkeit.	Im activen Zustand.	Im passiven Zustand.
	+ —	+ —
Salpetersäure, rauchende		Co, Ni, Fe
Salpetersäure von 1,34 Dichte	Fe, Co, Ni	Co, Ni, Fe
$SO^3.HO$	Co, Fe, Ni	Ni, Co, Fe
$SO^3.HO$ + 9 Thl. Wasser	Fe, Ni, Co	Fe, Co, Ni
Kalilauge	Fe, Ni, Co	Fe, Ni, Co

(*Compt. rend. T. XXXVII p.* 284.)

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



1853. ANNALEN No. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XC.

I. *Ueber die wissenschaftliche Bestimmung der musikalischen Temperatur* [1]; *von Moritz Wilhelm Drobisch,*

Prof. an der Universität zu Leipzig.

Unsere heutige Musik ruht bekanntlich auf einem System von 21 im Umfang einer Octave enthaltenen Tönen, den Haupttönen *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *H*, den erhöhten Tönen $C^{\sharp}$, $D^{\sharp}$, $E^{\sharp}$, $F^{\sharp}$, $G^{\sharp}$, $A^{\sharp}$, $H^{\sharp}$ und den erniedrigten Tönen $C^{\flat}$, $D^{\flat}$, $E^{\flat}$, $F^{\flat}$, $G^{\flat}$, $A^{\flat}$, $H^{\flat}$. Man nimmt gewöhnlich an, dafs die beiden letzten Tonreihen in gleicher Reinheit und Schärfe wie die Haupttöne sich durch einfache rationale Verhältnisse ihre Schwingungsmengen zu der des Grundtons *C* fixiren lassen, und dafs nur die Einrichtung solcher Instrumente, die, wie die Tasteninstrumente, auf eine geringere Anzahl festbestimmter Töne beschränkt sind, zur Reduction jener 21 Töne auf eine Minderzahl (gewöhnlich 12) und damit zu einer Abänderung ihrer reinen Verhältnisse, zu einer *Temperatur* nöthige, wobei es darauf ankommt, solche Abweichungen von der Reinheit zu finden, die dem musikalischen Gehör entweder unmerklich oder doch erträglich sind. Es soll jedoch hier versucht werden zu zeigen, dafs jene Annahme von einer möglichen Fixirung der erhöhten und erniedrigten Töne in absoluter Reinheit irrig ist, dafs die bekannten akustischen Zahlenbestimmungen über ihre Höhe einen nur sehr *rela-*

1) Der nachfolgende Aufsatz ist kein blofser Auszug aus meiner gröfseren Abhandlung »über musikalische Tonbestimmung und Temperatur« (Leipz. 1852), sondern eine gröfstentheils neue und kürzere Begründung derjenigen darin enthaltenen Sätze, von welchen ich glaube, dafs sie von einigem physikalischen Interesse seyn können. D.

tiven Werth haben, und dafs der angegebene Begriff der musikalischen Temperatur zu eng gefafst ist, vielmehr bei einer Annahme von 21 *fixen* Tönen irgend eine Temperatur unter allen Umständen unvermeidlich wird, daher der Begriff der Temperatur eine höhere Bedeutung hat als die eines Nothbehelfs für beschränkte Instrumente. Es sollen endlich die verschiedenen möglichen Arten von Temperatur in gröfserer Vollständigkeit, als es bisher geschehen, wissenschaftlich nachgewiesen werden.

Setzt man die Schwingungsmenge des Grundtons $= 1$, so ist, wie bekannt, die der Octave, Quinte, Quarte, grofsen und kleinen Terz etc. resp. 2, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{6}{5}$ u. s. w. Alle in der Musik vorkommende Tonverhältnisse lassen sich aber auf die *drei* Tonverhältnisse der Octave, Quinte und grofsen Terz zum Grundton zurückführen. Es genügt dem vorliegenden Zwecke diefs an denjenigen Tönen nachzuweisen, welche die Tonleitern unserer Dur- und Molltonarten bilden und die wir daher scalenbildende Töne nennen wollen. Bezeichnet man nämlich allgemein die relative Schwingungszahl der Exponenten (das Schwingungsverhältnifs) der Octave durch O, die der Quinte durch Q und die der grofsen Terz durch T, so werden die relativen Schwingungszahlen der übrigen scalenbildenden Töne wie folgt auszudrücken seyn:

gr. Secunde: $\frac{9}{8} = \frac{Q^2}{O}$; kl. Terz: $\frac{6}{5} = \frac{Q}{T}$; Quarte: $\frac{4}{3} = \frac{O}{Q}$;
kl. Sexte: $\frac{8}{5} = \frac{O}{T}$; gr. Sexte: $\frac{5}{3} = \frac{OT}{Q}$; kl. Sept.: $\frac{16}{9} = \frac{O^2}{Q^2}$;
gr. Septime: $\frac{15}{8} = QT$.

Hiernach besteht nun die reine diatonische Durtonleiter aus einer Reihe von Tönen, deren relative Schwingungszahlen allgemein durch folgende Ausdrücke gegeben sind:

$$1,\ \frac{Q^2}{O},\ T,\ \frac{O}{Q},\ Q,\ \frac{OT}{Q},\ QT.$$

Ebenso ist das allgemeine Schema der reinen Molltonleiter im gewöhnlichen Sinne, wie sie (als absteigende) durch die Vorzeichnung gegeben ist:

$$1,\ \frac{Q^2}{O},\ \frac{Q}{T},\ \frac{O}{Q},\ Q,\ \frac{O}{T},\ \frac{O^2}{Q^2}.$$

Mittels dieser beiden Schemata lassen sich nun zunächst die relativen Schwingungszahlen aller der Töne bestimmen, welche diejenigen Dur- und Molltonarten bilden, deren Grundtöne die sieben Haupttöne *C, D, E* etc. sind. Es ist nämlich, wenn wir durch *C, D, E* etc. die diesen Tönen zugehörigen relativen Schwingungszahlen bezeichnen, zuerst

für *C*-dur: $C = 1,\ D = \frac{Q^2}{O},\ E = T,\ F = \frac{O}{Q},\ G = Q,$

$$A = \frac{O\,T}{Q},\ H = Q\,T.$$

Hieraus folgt, wenn man diese Werthe der Reihe nach mit $Q = G$ multiplicirt,

für *G*-dur: $G = Q,\ A = \frac{Q^3}{O},\ H = Q\,T,\ c = O,\ d = Q^2,$

$$e = O\,T,\ f^{\#} = Q^2\,T.$$

Auf ähnliche Weise erhält man weiter

für *D*-dur: $D = \frac{Q^2}{O},\ E = \frac{Q^4}{O^2},\ F^{\#} = \frac{Q^2\,T}{O},\ G = Q,\ A = \frac{Q^3}{O},$

$$H = Q\,T,\ c^{\#} = \frac{Q^3\,T}{O};$$

für *A*-dur: $A = \frac{O\,T}{Q},\ H = Q\,T,\ c^{\#} = \frac{O\,T^2}{Q},\ d = \frac{O^2\,T}{Q^2},$

$$e = O\,T,\ f^{\#} = \frac{O^2\,T^2}{Q^2},\ g^{\#} = O\,T^2;$$

für *E*-dur: $E = T,\ F^{\#} = \frac{Q^2\,T}{O},\ G^{\#} = T^2,\ A = \frac{O\,T}{Q},$

$$H = Q\,T,\ c^{\#} = \frac{O\,T^2}{Q},\ d^{\#} = Q\,T^2;$$

für *H*-dur: $H = Q\,T,\ c^{\#} = \frac{Q^3\,T}{O},\ d^{\#} = Q\,T^2,\ e = O\,T,$

$$f^{\#} = Q^2\,T,\ g^{\#} = O\,T^2,\ a^{\#} = Q^2\,T^2;$$

für *F*-dur: $F = \frac{O}{Q},\ G = Q,\ A = \frac{O\,T}{Q},\ H^{b} = \frac{O^2}{Q^2},\ c = O,$

$$d = \frac{O^2\,T}{Q^2},\ e = O\,T.$$

Ebenso ergeben sich mittels des vorstehenden Schema's der Molltonleiter

für *A*-moll: $A = \frac{OT}{Q}$, $H = QT$, $c = O$, $d = \frac{O^2 T}{Q^2}$,

$e = OT$, $f = \frac{O^2}{Q}$, $g = \frac{O^3 T}{Q^3}$;

für *D*-moll: $D = \frac{Q^2}{O}$, $E = \frac{Q^4}{O^3}$, $F = \frac{Q^3}{OT}$, $G = Q$,

$A = \frac{Q^3}{O}$, $H^\flat = \frac{Q^2}{T}$, $c = O$;

für *G*-moll: $G = Q$, $A = \frac{Q^3}{O}$, $H^\flat = \frac{Q^2}{T}$, $c = O$, $d = Q^2$,

$e^\flat = \frac{OQ}{T}$, $f = \frac{O^2}{Q}$;

für *C*-moll: $C = 1$, $D = \frac{Q^2}{O}$, $E^\flat = \frac{Q}{T}$, $F = \frac{O}{Q}$,

$G = Q$, $A^\flat = \frac{O}{T}$, $H^\flat = \frac{O^2}{Q^2}$;

für *F*-moll: $F = \frac{O}{Q}$, $G = Q$, $A^\flat = \frac{O}{T}$, $H^\flat = \frac{O^2}{Q^2}$,

$c = O$, $d^\flat = \frac{O^2}{QT}$, $e^\flat = \frac{O^3}{Q^3}$;

für *H*-moll: $H = QT$, $c^\sharp = \frac{Q^3 T}{O}$, $d = Q^2$, $e = OT$,

$f^\sharp = Q^2 T$, $g = OQ$, $a = \frac{O^2 T}{Q}$;

für *E*-moll: $E = T$, $F^\sharp = \frac{Q^2 T}{O}$, $G = Q$, $A = \frac{OT}{Q}$,

$H = QT$, $c = O$, $d = \frac{O^2 T}{Q^2}$.

Reducirt man nun in allen diesen zwölf Tonarten die in den Bereich der zweiten Octave fallenden, mit kleinen Buchstaben bezeichneten, Werthe durch Division mit O auf den Umfang der ersten Octave, so zeigt es sich, dafs die hierdurch sich ergebenden relat. Schwingungszahlen der erhöhten und erniedrigten Töne nicht durchgängig dieselben sind, sondern zum Theil, je nach den verschiedenen Tonarten, in denen sie vorkommen, verschiedene Werthe haben. Es ist nämlich

$C^\sharp = \frac{Q^3 T}{O^2} = \frac{135}{128}$ in *D*-dur, *H*-dur, *H*-moll;

$= \frac{T^2}{Q} = \frac{25}{24}$ in *A*-dur und *E*-dur;

$D^\sharp = \frac{QT^2}{O} = \frac{75}{64}$ in *E*-dur und *H*-dur;

$F^{\sharp} = \frac{Q^2 T}{O} = \frac{45}{32}$ in *G*-dur, *E*-dur, *D*-dur, *H*-dur, *H*-moll, *E*-moll;

$= \frac{O T^2}{Q^2} = \frac{25}{18}$ in *A*-dur;

$G^{\sharp} = T^2 = \frac{25}{16}$ in *A*-dur, *E*-dur, *H*-dur;

$A^{\sharp} = \frac{Q^2 T^2}{O} = \frac{225}{128}$ in *H*-dur;

$D^{\flat} = \frac{O}{Q T} = \frac{16}{15}$ in *F*-moll;

$E^{\flat} = \frac{Q}{T} = \frac{6}{5}$ in *G*-moll und *C*-moll;

$= \frac{O^2}{Q^3} = \frac{32}{27}$ in *F*-moll;

$A^{\flat} = \frac{O}{T} = \frac{8}{5}$ in *C*-moll und *F*-moll;

$H^{\flat} = \frac{O^2}{Q^2} = \frac{16}{9}$ in *F*-dur, *C*-moll, *F*-moll;

$= \frac{Q^2}{T} = \frac{9}{5}$ in *D*-moll und *G* moll.

Aber auch die *Haupttöne* nehmen an diesen durch die Forderung *reiner* Scalen bedingten schwankenden Bestimmungen Theil. Denn es ist

$D = \frac{Q^2}{O} = \frac{9}{8}$ in *C*-dur, *G*-dur, *D*-dur, *D*-moll, *G*-moll, *C*-moll, *H*-moll;

$= \frac{O T}{Q^2} = \frac{10}{9}$ in *A*-dur, *F*-dur, *A*-moll, *E*-moll;

$E = T = \frac{5}{4}$ in *C*-dur, *G*-dur, *A*-dur, *H*-dur, *F*-dur, *A*-moll, *H*-moll;

$= \frac{Q^4}{O^2} = \frac{81}{64}$ in *D*-dur und *D*-moll;

$F = \frac{O}{Q} = \frac{4}{3}$ in *C*-dur, *G*-dur, *A*-moll, *G*-moll, *C*-moll;

$= \frac{Q^3}{O T} = \frac{27}{20}$ in *D*-moll;

$G = Q = \frac{3}{2}$ in *C*-dur, *G*-dur, *F*-dur, *D*-moll, *C*-moll, *F*-moll, *H*-moll, *E*-moll;

$= \frac{O^2 T}{Q^3} = \frac{40}{27}$ in *A*-moll;

$$A = \frac{OT}{Q} = \tfrac{5}{3} \text{ in } C\text{-dur, } E\text{-dur, } F\text{-dur, } H\text{-moll, } E\text{-moll;}$$

$$= \frac{Q^3}{O} = \tfrac{27}{16} \text{ in } G\text{-dur, } D\text{-dur, } D\text{-moll, } G\text{-moll;}$$

$$H = QT = \tfrac{15}{8} \text{ in } C\text{-dur, } G\text{-dur, } D\text{-dur, } A\text{-dur, } E\text{-dur, } A\text{-moll, } E\text{-moll.}$$

Es leuchtet von selbst ein, daſs, je nachdem man den einen oder den anderen der erhaltenen Doppelwerthe der erhöhten und erniedrigten Töne annimmt, in den Tonarten, deren Grundtöne sie sind, die zugehörigen scalenbildenden Töne wieder doppelte Werthe erhalten müssen. So wird in *Fis*-dur, wenn

$$F^\sharp = \frac{Q^2 T}{O},\ G^\sharp = \frac{Q^4 T}{O^2} = \tfrac{405}{256},\ E^\sharp = \frac{Q^3 T^2}{O^2} = \tfrac{675}{512};$$

dagegen, wenn

$$F^\sharp = \frac{OT^2}{Q^2},\ G^\sharp = T^2 = \tfrac{25}{16},\ E^\sharp = \frac{T^3}{Q} = \tfrac{125}{96};$$

man erhält überdieſs die neuen Werthe

$$D^\sharp = \frac{OT^3}{Q^3} = \tfrac{125}{108},\ A^\sharp = \frac{OT^3}{Q^2} = \tfrac{125}{72},\ H = \frac{O^2 T^2}{Q^3} = \tfrac{50}{27}.$$

Ebenso wird in *Cis*-dur, wenn

$$C^\sharp = \frac{Q^3 T}{O^2},\ D^\sharp = \frac{Q^5 T}{O^3} = \tfrac{1215}{1024},\ H^\sharp = \frac{Q^4 T^2}{O^2} = \tfrac{2025}{1024};$$

wenn aber

$$C^\sharp = \frac{T^2}{Q},\ D^\sharp = \frac{QT^2}{O} = \tfrac{75}{64},\ H^\sharp = T^3 = \tfrac{125}{64}.$$

In gleicher Weise wird in *Es*-moll, wenn

$$E^\flat = \frac{Q}{T},\ G^\flat = \frac{Q^2}{T^2} = \tfrac{36}{25},\ A^\flat = \frac{O}{T} = \tfrac{8}{5},\ c^\flat = \frac{OQ}{T^2} = \tfrac{48}{25},$$

$$D^\flat = \frac{O}{QT} = \tfrac{16}{15};$$

wenn aber

$$E^\flat = \frac{O^2}{Q^3},\ G^\flat = \frac{O^2}{Q^2 T} = \tfrac{64}{45},\ A^\flat = \frac{O^3}{Q^4} = \tfrac{128}{81},\ c^\flat = \frac{O^3}{Q^3 T} = \tfrac{256}{135},$$

$$D^\flat = \frac{O^3}{Q^5} = \tfrac{256}{243}.$$

Endlich wird in *As*-dur

$$\text{wenn } A^\flat = \frac{O}{T},\ F^\flat = \frac{O}{T^2} = \tfrac{32}{25};$$

dagegen wenn $A^b = \frac{O^3}{Q^4}$, wie in *Es*-moll möglich, $F^b = \frac{O^3}{Q^4 T} = \frac{512}{405}$, u. s. f.

Hieraus geht nun überzeugend hervor, daſs es unmöglich ist, für jeden der 21 Töne der Musik eine *feste* relative Schwingungszahl von der Beschaffenheit zu finden, daſs, wenn man successiv jeden dieser Töne zum Grundton macht, in allen Tonarten *reine*, d. h. aus reinen Secunden, Terzen, Quarten u. s. w. bestehende Dur- und Mollscalen erhalten werden. Der Grund hiervon ist, daſs die Bestimmung der Höhe eines Tons durch die relative Schwingungszahl immer von der Definition seiner Lage gegen einen anderen schon bestimmten Ton abhängt, für alle Töne aber mehr als eine solche Definition möglich ist. Es ist z. B. A in C-dur die groſse Sexte von C, daher, wenn $C = 1$, $A = \frac{5}{3}$; ebenso in C-dur D die groſse Secunde von C, also $D = \frac{9}{8}$. Es ist aber auch in D-dur A die Quinte von D, daher hier $A = \frac{3}{2} . D = \frac{3}{2} . \frac{9}{8} = \frac{27}{16}$, was mit der Bestimmung durch C-dur im Widerspruch steht. Ebenso ist $F^{\#}$ in G-dur die untere Octave der groſsen Septime von G, also, wenn $G = \frac{3}{2}$, $f^{\#} = \frac{15}{8} . \frac{3}{2} = \frac{45}{16}$, folglich $F^{\#} = \frac{45}{32}$. Es ist aber zugleich in A-dur $F^{\#}$ die untere Octave der groſsen Sexte von A, daher, wenn $A = \frac{5}{3}$, $f^{\#} = \frac{5}{3} . \frac{5}{3} = \frac{25}{9}$, folglich $F^{\#} = \frac{25}{18}$, im Widerspruch mit der vorigen Bestimmung. Es ist demnach, wie schon bemerkt, unmöglich die 21 Töne so zu *fixiren*, daſs sie in allen Tonarten zugleich *reine* Scalen geben; man wird vielmehr für sie nur solche Zahlenwerthe auffinden können, bei denen entweder nur einige Tonarten völlig rein sind, die Scalen der übrigen dagegen von der Reinheit an einer oder mehreren Stellen abweichen, oder durch welche die Scalen aller Tonarten zugleich eine gleichförmige Verminderung ihrer Reinheit erleiden. Bekanntlich nennt man nun die erstere Modification der reinen Tonverhältnisse die *ungleichschwebende*, die zweite die *gleichschwebende Temperatur*. Es muſs daher nach dem Vorstehenden, auch wenn noch gar nicht von einer Reduction der 21 Töne auf 12 die Rede ist, zur Herstellung der Scalen der Tonarten in

einigen oder allen eine Modification der Tonverhältnisse der *reinen* Secunden, Terzen, Quarten u. s. w. nothwendigerweise eintreten und es ist voller Grund vorhanden, diese als eine Temperirung der reinen Tonverhältnisse zu bezeichnen, wovon die Reduction der Zahl der 21 Töne auf eine Minderzahl nur ein besonderer Fall ist.

Es erhebt sich nun aber die Frage, *welche* von den verschiedenen Werthbestimmungen der scalenbildenden 21 Töne *als vorzugsweise gültig* angesehen werden sollen. Die musikalischen Theoretiker und Akustiker haben sich bei der Entscheidung dieser Frage, wie es scheint, überwiegend von der Vorliebe für die möglichst einfachen Zahlenverhältnisse leiten lassen. Sie haben für die sieben Haupttöne diejenigen Schwingungsverhältnisse als die *absolut* gültigen angenommen, die denselben in *C*-dur zukommen, von den verschiedenen Schwingungsverhältnissen der erhöhten und erniedrigten Töne aber der grofsen Mehrzahl nach denjenigen den Vorzug gegeben, welche aus einfacheren Zahlen bestehen. Hierdurch ist folgende bekannte Tafel entstanden:

$C^\sharp = \frac{25}{24} = \frac{T^2}{Q}$	$G^\flat = \frac{36}{25} = \frac{Q^2}{T^2}$
$D^\flat = \frac{16}{15} = \frac{O}{Q\,T}$	$G = \frac{3}{2} = Q$
$D = \frac{9}{8} = \frac{Q^2}{O}$	$G^\sharp = \frac{25}{16} = T^2$
$D^\sharp = \frac{125}{108} = \frac{O\,T^3}{Q^3}$	$A^\flat = \frac{8}{5} = \frac{O}{T}$
$E^\flat = \frac{6}{5} = \frac{Q}{T}$	$A = \frac{5}{3} = \frac{O\,T}{Q}$
$E = \frac{5}{4} = T$	$A^\sharp = \frac{125}{72} = \frac{O\,T^3}{Q^2}$
$F^\flat = \frac{32}{25} = \frac{O}{T^2}$	$H^\flat = \frac{16}{9} = \frac{O^2}{Q^2}$
$F = \frac{4}{3} = \frac{O}{Q}$	$H = \frac{15}{8} = Q\,T$
$F^\sharp = \frac{25}{18} = \frac{O\,T^2}{Q^2}$	$C^\flat = \frac{48}{25} = \frac{O\,Q}{T^2}$

Nur die Werthe von $D^\sharp$ und $H^\flat$ sind hier den kleineren

Verhältnifszahlen $D^\sharp = \frac{75}{64} = \frac{Q\,T^2}{O}$ und $H^b = \frac{9}{5} = \frac{Q^1}{T}$ vorgezogen. Dafs manche Akustiker $D = \frac{10}{9}$, $A = \frac{27}{16}$ setzen und dgl., ist uns bekannt; nur ist es ein sehr oberflächliches Urtheil, wenn man glaubt, dafs solche Unterschiede zu gering seyen, als dafs sie in Betracht kommen könnten. $E^\sharp$ und $H^\sharp$ sind in dieser Tafel, vermuthlich weil sie seltener zur Anwendung kommen, übergangen.

Um den Werth dieser Bestimmungen zu prüfen, wollen wir untersuchen, in wie weit die daraus für die verschiedenen Tonarten sich ergebenden Dur- und Mollscalen rein, und wie grofs die Abweichungen von der Reinheit der Tonverhältnisse sind, welche sie enthalten. Wir beschränken uns hierbei auf die 24 gebräuchlichen Tonarten. Zu diesem Zwecke hat man nur nöthig, aus der Tafel die den Tönen jeder Tonart entsprechenden Werthe auszuheben, sie, wo es nöthig, durch Multiplication mit O um eine Octave zu erhöhen, und mit der Zahl des jedesmaligen Grundtons die Zahlen der übrigen die Scale der Tonart bildenden Töne zu dividiren. Man erhält auf diese Weise offenbar die Verhältnifszahlen, welche in der betreffenden Tonart, je nachdem sie eine Dur- oder Molltonart ist, resp. der grofsen Secunde, grofsen Terz, Quarte u. s. w. oder der grofsen Secunde, kleinen Terz, Quarte u. s. w. zukommen. Es giebt z. B. für E-dur die Tafel:

$$E = T,\ F^\sharp = \frac{O\,T^3}{Q^2},\ G^\sharp = T^2,\ A = \frac{O\,T}{Q},\ H = Q\,T,$$
$$c^\sharp = \frac{O\,T^2}{Q},\ d^\sharp = \frac{O^2\,T^3}{Q^3}.$$

Hieraus folgt:

$$\frac{F^\sharp}{E} = \frac{O\,T}{Q^2},\ \frac{G^\sharp}{E} = T,\ \frac{A}{E} = \frac{O}{Q},\ \frac{H}{E} = Q,\ \frac{c^\sharp}{E} = \frac{O\,T}{Q},$$
$$\frac{d^\sharp}{E} = \frac{O^2\,T^2}{Q^3},$$

als die in E-dur resp. der gr. Secunde, gr. Terz, Quarte u. s. w. zukommenden Verhältnifszahlen. Auf diese Weise erhält man folgende zwei Tafeln.

I. Dur.

Grundton.	gr. Secunde.	gr. Terz.	Quarte.	Quinte.	gr. Sexte.	gr. Septime.
C	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
G	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	$\frac{O^2T^2}{Q^3}$
D	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{O^2T^2}{Q^4}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{OT}{Q}$	$\frac{O^2T^2}{Q^3}$
A	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
E	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	$\frac{O^2T^2}{Q^3}$
H	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{O^2T^2}{Q^4}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{OT}{Q}$	$\frac{O^2T^2}{Q^3}$
F	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$		$\frac{Q^3}{O}$	QT
H^b	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q^4}{O^2}$	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{Q^3}{O}$	QT
E^b	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{OT}{Q}$	QT
A^b	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
D	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
G^b	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{O^2T^2}{Q^4}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{OT}{Q}$	$\frac{O^2T^2}{Q^3}$

II. Moll.

Grundton.	gr. Secunde.	kl. Terz.	Quarte.	Quinte.	kl. Sexte.	kl. Septime.
A	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
E	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
H	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
$F^\sharp$	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{Q^4}{OT^2}$	$\frac{Q^2}{T}$
$C^\sharp$	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
$G^\sharp$	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$

Grundton.	gr. Secunde.	kl. Terz.	Quarte.	Quinte.	kl. Sexte.	kl. Septime.
D	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2 T}{Q^3}$	$\frac{O^3}{Q^4}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
G	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
C	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
F	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
$H^\flat$	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{Q^3}{O T}$	Q	$\frac{Q^4}{O T^2}$	$\frac{Q^2}{T}$
$E^\flat$	$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2 T}{Q^3}$	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$

Diese beiden Tafeln zeigen nun für die in den Scalen vorkommenden Tonverhältnisse folgende verschiedene Werthe:

gr. Sec.	kl. Terz.	gr. Terz.	Quarte.	Quinte.	kl. Sexte.	gr. Sexte.	kl. Septime.	gr. Septime.
$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{OT}{Q}$	$\frac{Q^2}{T}$	QT
$\frac{OT}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O^2 T^2}{Q^4}$	$\frac{Q^3}{OT}$	$\frac{O^2 T}{Q^3}$	$\frac{Q^4}{O T^2}$	$\frac{Q^3}{O}$	$\frac{O^2}{Q^2}$	$\frac{O^2 T^2}{Q^3}$
		$\frac{Q^4}{O^2}$			$\frac{O^3}{Q^4}$			

Die in der ersten Zeile enthaltenen Ausdrücke stellen die *reinen* Verhältnisse dar, die in der zweiten und dritten Zeile weichen von der Reinheit ab. Dividirt man mit den Werthen der zweiten Zeile die darüberstehenden, so erhält man die verhältnifsmäfsige Gröfse der Abweichung der Werthe der zweiten Zeile von der Reinheit. Sie beträgt bei der grofsen Secunde, kleinen und grofsen Terz, Quinte, kleinen und grofsen Septime $\frac{Q^4}{O^2 T} = \frac{81}{80}$, die Verhältnifszahl des syntonischen Komma, bei der Quarte, kleinen und grofsen Sexte das Reciproke davon $\frac{O^2 T}{Q^4} = \frac{80}{81}$. Eben so giebt die Division der Werthe der ersten Zeile durch die der dritten für die grofse Terz $\frac{O^2 T}{Q^4} = \frac{80}{81}$, für die kleine

Sexte $\frac{Q^4}{O^2 T} = \frac{81}{80}$. In den geprüften 24 Tonarten sind also die von der Reinheit abweichenden Töne um ein syntonisches Komma theils zu hoch, theils zu tief. Die Tonarten ordnen sich hiernach hinsichtlich ihrer Reinheit, wie folgt:

I. Dur.

C, völlig rein;
*A*ᵇ, gr. Secunde zu tief;
F, gr. Sexte zu hoch,
A, *D*ᵇ, Quarte zu tief;
E, *G*, gr. Secunde und gr. Septime zu tief;
*E*ᵇ, gr. Secunde und Quinte zu tief;
*H*ᵇ, gr. Terz, Quarte und gr. Sexte zu hoch;
D, *H*, *G*ᵇ, gr. Secunde, gr. Terz, Quinte und gr. Septime zu tief.

II. Moll.

C, völlig rein;
F, kl. Septime zu hoch;
E, *C*#, gr. Secunde zu tief, kl. Septime zu hoch;
G, gr. Secuude und kleine Terz zu tief;
A, Quarte und kl. Septime zu hoch;
H, *G*#, *E*ᵇ, gr. Secunde und Quinte zu tief;
F#, *H*ᵇ, Quarte, kl. Sexte und kl. Septime zu hoch;
D, gr. Secunde, kl. Terz, Quinte und kl. Sexte zu tief.

Nach den bisher als gültig anerkannten akustischen Bestimmungeu der Tonhöhen ist also in jedem von beiden Tongeschlechtern eine einzige Tonart rein, alle übrigen aber weichen um die, zumal bei den Quinten und Quarten, höchst bemerkliche Gröfse eines syntonischen Komma von der Reinheit ab. Wenn nun, nach Delezenne, das Ohr des Musikers bei zwei gleichzeitigen um das Intervall einer Quinte entfernten Tönen noch eine Differenz von 0,1461 des syntonischen Komma, bei der grofsen Terz eine Differenz von 0,284 desselben Komma, und selbst das ungeübte Ohr die Hälfte dieser Gröfsen zu unterscheiden vermag, so fehlt viel daran, dafs diese akustischen Bestimmun-

gen die Elemente zu einer dem Ideal der Reinheit sich auch nur einigermafsen nähernden Musik darböten. Man hat zwar in der partiellen Unreinheit die charakteristische Eigenthümlichkeit gewisser Tonarten zu finden geglaubt, jedenfalls aber haben alle Abweichungen von der Reinheit ihre Gränzen, die nicht überschritten werden dürfen, ohne zu mifsfälligen Tonverbindungen zu führen. Die ganze Behauptung aber scheint des Beweises sehr zu bedürfen, denn die Tonarten behalten auch ihren eigenthümlichen Charakter noch auf unseren nach gleichschwebender Temperatur gestimmten Pianoforten, wo also eine Tonleiter vollkommen dieselben Verhältnisse hat wie die anderen.

Zwar nicht geringere Abweichungen einzelner Töne von der Reinheit, aber eine gröfsere Anzahl theils völlig reiner, theils in der Mehrzahl der Töne reiner Tonarten erhält man auf folgendem Wege. Die reine *C*-durscale enthält drei verschiedene Tonstufen, den grofsen ganzen Ton, den kleinen ganzen und den halben Ton, deren Verhältnifszahlen resp. $\frac{Q^2}{O} = \frac{9}{8}$, $\frac{OT}{Q^2} = \frac{10}{9}$ und $\frac{O}{QT} = \frac{16}{15}$ sind, die wir zur Abkürzumg durch *m*, *n*, *p* bezeichnen wollen [1]). In der *C*-durscale kommt *m* dreimal, *n* und *p* zweimal vor, und zwar in folgender Ordnung:

C		*D*		*E*		*F*		*G*		*A*		*H*		*c*
	m		*n*		*p*		*m*		*n*		*m*		*p*	

Diese Stufenfolge ist also der reinen Durscale eigenthümlich. Wir können uns nun folgende Aufgabe stellen: bei festgehaltener Reinheit der Hanpttöne die erhöhten und erniedrigten Töne so zu bestimmen, dafs jede Tonleiter in Dur und Moll eine Stufenfolge enthält, die, wie die der reinen Durtonleiter, aus drei grofsen ganzen, zwei kleinen ganzen und zwei halben Tönen besteht, von denen die

1) In den zuvor entwickelten Scalen kommt zum Theil aufser diesen drei Tonstufen noch die Stufe $\frac{Q^3}{OT^2} = \frac{27}{25}$, das grofse Limma vor, z. B. in *D*-dur zwischen *E* und *F*, und zwischen $c^\sharp$ und *d*, in *H*-dur zwischen $d^\sharp$ und *e* und zwischen $a^\sharp$ und *h*, u. s. f. Es vertritt die Stelle des halben Tones $\frac{16}{15}$, den es um das syntonische Komma $\frac{81}{80}$ übertrifft.

letzteren in Dur stets die dritte und siebente, in Moll die zweite und fünfte Stelle einnehmen müssen. Diesen Bedingungen gemäfs sind, wie wir sogleich näher zeigen werden, für die Tonarten aus den sieben Haupttönen folgende Stufenreihen die einzig möglichen.

I. Dur.

C D E F G A H c
m n p m n m p

G A H c d e f♯ g
n m p m n m p

D E F♯ G A H c♯ d
n m p n m m p

A H c♯ d e f♯ g♯ a
m m p n m n p

E F♯ G♯ A H c♯ d♯ e
m n p m m n p

H c♯ d♯ e f♯ g♯ a♯ h
m n p m n m p

F G A H♭ c d e f
m n p m m n p

II. Moll.

A H c d e f g a
m p m n p m n

E F♯ G A H c d e
m p n m p m n

H c♯ d e f♯ g a h
m p n m p n m

D E F G A H♭ c d
n p m n p m m

G A H♭ c d e♭ f g
n p m m p n m

C D E♭ F G A♭ H♭ c
m p n m p n m

F G A♭ H♭ c d♭ e♭ f
m p n m p m n

Um die Richtigkeit dieser Bestimmungen zu erkennen, ist zu beachten, dafs fürs Erste die Stellen der beiden

halben Töne p in Dur und Moll durch die Form der Tonleitern ein für allemal bestimmt sind. Es bleibt nur übrig zu bestimmen, welche Stellen die drei m und zwei n in jeder Tonart einnehmen müssen. Ueberall nun, wo zwei Haupttöne auf einander folgen, ist ihre Zwischenstufe durch die reine C-durscale gegeben. Die zwischen den Haupttönen und erhöhten oder erniedrigten Tönen anzunehmenden Stufen ergeben sich aber, wenn man von den einfacher bezeichneten Tonarten zu denen mit zusammengesetzterer Vorzeichnung nach der vorstehenden Ordnung Schritt vor Schritt übergeht, ohne alle übrig bleibende Willkühr mit Nothwendigkeit. Denn z. B. in G-dur sind nach der C-durscale die fünf ersten Stufen n, m, p, m, n. Nun mufs aber die siebente Stufe (hier zwischen $f^{\#}$ und g) in Dur immer p einnehmen; also bleibt für die sechste (zwischen e und $f^{\#}$) nur das dritte m übrig. Hiernach ist nun ferner auch in D-dur die zweite und dritte Stufe resp. m und p; aus C-dur hat man für die erste, vierte, fünfte resp. n, n, m; die siebente (zwischen $c^{\#}$ und d) mufs wieder p seyn; also bleibt für die sechste (zwischen H und $c^{\#}$) nur das dritte m übrig. Man sieht leicht, wie diese Schlüsse auf alle übrigen Tonarten, denen die Haupttöne zum Grunde liegen, ausgedehnt werden können.

Aus diesen beiden Tafeln erhält man nun Werthbestimmungen für die darin vorkommenden erhöhten und erniedrigten Töne, die unter einander in völliger Uebereinstimmung sind. Es ergiebt sich nämlich ohne Unterschied der verwandten Tonarten

$$C^{\#} = mH = \frac{Q^3 T}{O^2} = \tfrac{135}{128}, \quad D^{\#} = \frac{E}{p} = \frac{Q T^2}{O} = \tfrac{75}{64},$$

$$F^{\#} = mE = \frac{Q^2 T}{O} = \tfrac{45}{32}, \quad G^{\#} = \frac{A}{p} = T^2 = \tfrac{25}{16},$$

$$A^{\#} = \frac{H}{p} = \frac{Q^2 T^2}{O} = \tfrac{225}{128},$$

$$D^{\flat} = pC = \frac{O}{QT} = \tfrac{16}{15}, \quad E^{\flat} = pD = \frac{Q}{T} = \tfrac{6}{5},$$

$$A^{\flat} = pG = \frac{O}{T} = \tfrac{8}{5}, \quad H^{\flat} = \frac{c}{m} = \frac{O^2}{Q^2} = \tfrac{16}{9}.$$

Um die noch übrigen erhöhten und erniedrigten Töne zu bestimmen, braucht man nur nach demselben Gesetz wie zuvor die Scalen der Tonarten zu bilden, in denen sie vorkommen. Hierzu genügen drei, nämlich *Cis*-dur, *Es*-moll und *As*-moll. Für *Cis*-dur ergiebt sich sofort folgende Stufenfolge:

$$C^\sharp \quad D^\sharp \quad E^\sharp \quad F^\sharp \quad G^\sharp \quad A^\sharp \quad H^\sharp \quad c^\sharp$$
$$n \quad m \quad p \quad n \quad m \quad m \quad p$$

Für *Es*-moll folgt aus den schon bestimmten Tonarten:

$$E^\flat \quad F \quad G^\flat \quad A^\flat \quad H^\flat \quad c^\flat \quad d^\flat \quad e^\flat$$
$$n \quad p \quad m \quad n \quad p \quad m \quad m$$

und hieraus für *As*-moll:

$$A^\flat \quad H^\flat \quad c^\flat \quad d^\flat \quad e^\flat \quad f^\flat \quad g^\flat \quad a^\flat$$
$$n \quad p \quad m \quad m \quad p \quad n \quad m$$

Man erhält aus diesen Stufenreihen

$$E^\sharp = m\,D^\sharp = \frac{Q^3T^2}{O^2} = \tfrac{675}{512}; \quad H^\sharp = m\,A^\sharp = \frac{Q^4T^2}{O^2} = \tfrac{2025}{1024};$$

$$F^\flat = p\,E^\flat = \frac{O}{T^2} = \tfrac{32}{25}; \quad G^\flat = p\,F = \frac{O^2}{Q^2T} = \tfrac{64}{45};$$

$$c^\flat = p\,H^\flat = \frac{O^3}{Q^3T} = \tfrac{256}{135}.$$

Vollständig zusammengestellt und nach der Gröfse geordnet hat man also jetzt für die 21 Töne folgende Verhältnifszahlen:

$C^\sharp = \frac{135}{128} = \frac{Q^3T}{O^2}$	$G^\flat = \frac{64}{45} = \frac{O^2}{Q^2T}$
$D^\flat = \frac{16}{15} = \frac{O}{QT}$	$G = \frac{3}{2} = Q$
$D = \frac{9}{8} = \frac{Q^2}{O}$	$G^\sharp = \frac{25}{16} = T^2$
$D^\sharp = \frac{75}{64} = \frac{QT^2}{O}$	$A^\flat = \frac{8}{5} = \frac{O}{T}$
$E^\flat = \frac{6}{5} = \frac{Q}{T}$	$A = \frac{5}{3} = \frac{OT}{Q}$
$E = \frac{5}{4} = T$	$A^\sharp = \frac{225}{128} = \frac{Q^2T^2}{O}$
$F^\flat = \frac{32}{25} = \frac{O}{T^2}$	$H^\flat = \frac{16}{9} = \frac{O^2}{Q^2}$
$E^\sharp = \frac{675}{512} = \frac{Q^3T^2}{O^2}$	$H = \frac{15}{8} = QT$
$F = \frac{4}{3} = \frac{O}{Q}$	$c^\flat = \frac{256}{135} = \frac{O^3}{Q^3T}$
$F^\sharp = \frac{45}{32} = \frac{Q^2T}{O}$	$H^\sharp = \frac{2025}{1024} = \frac{Q^4T^2}{O^2}$

Diese Zahlen sind allerdings zum Theil weniger einfach als die gewöhnlichen, über ihren Werth kann jedoch wiederum nur die Prüfung der aus ihnen folgenden Tonleitern entscheiden. Für diese ergeben sich nun auf dem zuvor bezeichneten Wege folgende Verhältnifszahlen:

I. Dur.

Grundton.	gr. Sec.	gr. Terz.	Quarte.	Quinte.	gr. Sexte.	gr. Septime.
C	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
G	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
D	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{OT}{Q}$	QT
A	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q^4}{O^2}$	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{Q^3}{O}$	QT
E	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{Q^3}{O}$	QT
H	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
F	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{Q^3}{O}$	QT
H^b	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q^4}{O^2}$	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{Q^3}{O}$	QT
E^b	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2T}{Q^3}$	$\frac{OT}{Q}$	QT
A^b	$\frac{OT}{Q^2}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
D^b	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{OT}{Q}$	QT
G^b	$\frac{Q^2}{O}$	T	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{Q^3}{O}$	QT

II. Moll.

Grundton.	gr. Sec.	kl. Terz.	Quarte.	Quinte.	kl. Sexte.	kl. Septime.
A	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{Q^3}{OT}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
E	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
H	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$

Grundton.	gr. Sec.	kl. Terz.	Quarte.	Quinte.	kl. Sexte.	kl. Septime.
$F^{\#}$	$\frac{O\,T}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
$C^{\#}$	$\frac{O\,T}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2\,T}{Q^3}$	$\frac{O^3}{Q^4}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
$G^{\#}$	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{Q^3}{O\,T}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
D	$\frac{O\,T}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2\,T}{Q^3}$	$\frac{O^3}{Q^4}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
G	$\frac{O\,T}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
C	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{O^2}{Q^2}$
F	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{O}{Q}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
H^{b}	$\frac{Q^2}{O}$	$\frac{Q}{T}$	$\frac{Q^3}{O\,T}$	Q	$\frac{O}{T}$	$\frac{Q^2}{T}$
E^{b}	$\frac{O\,T}{Q^2}$	$\frac{O^2}{Q^3}$	$\frac{O}{Q}$	$\frac{O^2\,T}{Q^3}$	$\frac{O^3}{Q^4}$	$\frac{O^2}{Q^2}$

Diese beiden Tafeln enthalten in sämmtlichen vorkommenden Tonverhältnissen, mit alleiniger Ausnahme der grofsen Septime, die überall rein ist, nur doppelte Werthe, von denen die unreinen, wie zuvor, um ein syntonisches Komma abweichen. Hinsichtlich der Reinheit der Tonarten aber ergeben sich folgende Resultate:

I. Dur.

C, *H*, D^{b}, völlig rein;
G, A^{b}, gr. Secunde zu tief;
E, *F*, G^{b}_{b}, gr. Sexte zu hoch;
D, E^{b}, gr. Secunde und Quinte zu tief;
A, H^{b}, gr. Terz, Quarte und gr. Sexte zu hoch.

II. Moll.

H, *C*, völlig rein;
E, *F*, kl. Septime zu hoch;
$F^{\#}$, *G*, gr. Secunde und kl. Terz zu tief;
A, $G^{\#}$, H^{b}, Quarte und kl. Septime zu hoch;
$C^{\#}$, *D*, E^{b}, gr. Secunde, kl. Terz, Quinte und kl. Sexte zu tief.

Es sind also hier unter 24 Tonarten 5 völlig rein, 7 unrein an Einer Stelle, 7 unrein an zwei, 2 an drei und 3 an vier Stellen, indefs nach den gewöhnlichen akustisch-musikalischen Bestimmungen der Tonverhältnisse nur 2 Tonarten völlig rein sind, 5 an Einer Stelle, 10 an zwei, 3 an drei und 4 an vier Stellen von der Reinheit abweichen [1]). Es sind ferner nach den vorstehenden Bestimmungen 5 Quinten, 5 Quarten, 2 grofse und 5 kleine Terzen unrein, nach den gewöhnlichen Bestimmungen dagegen 8 Quinten, 6 Quarten, 4 grofse und 2 kleine Terzen. Unsere Werthe geben also sowohl in den empfindlichsten Tonverhältnissen als hinsichtlich der Reinheit der Scalen überhaupt bedeutend vorzüglichere Resultate als die gewöhnlich angenommenen, und die Vorliebe für einfache Zahlenverhältnisse, welche auf die Annahme der letzteren geführt zu haben scheint, erweist sich als ein unhaltbares Vorurtheil.

Alle Tonarten, auch die, welche hier nicht im Einzelnen dargestellt worden sind, enthalten nach vorstehender Bestimmungsart der Töne die grofse ganze Tonstufe *m* dreimal, die kleine *n* und die halbe *p* jede zweimal und gruppiren sich in folgende 10 Formen:

I. Dur.

(C, H, $D^{\flat}$):	*m*	*n*	*p*	*m*	*n*	*m*	*p*;
(E, F, $G^{\flat}$):	*m*	*n*	*p*	*m*	*m*	*n*	*p*;
(G, $F^{\sharp}$, $A^{\flat}$):	*n*	*m*	*p*	*m*	*n*	*m*	*p*;
(D, $C^{\sharp}$, $E^{\flat}$):	*n*	*m*	*p*	*n*	*m*	*m*	*p*;
(A, $H^{\flat}$, $c^{\flat}$):	*m*	*m*	*p*	*n*	*m*	*n*	*p*.

II. Moll.

(H, C, $A^{\sharp}$):	*m*	*p*	*n*	*m*	*p*	*n*	*m*;
(E, F, $D^{\sharp}$):	*m*	*p*	*n*	*m*	*p*	*m*	*n*;
(G, $F^{\sharp}$, $A^{\flat}$):	*n*	*p*	*m*	*m*	*p*	*n*	*m*;
(D, $C^{\sharp}$, $E^{\flat}$):	*n*	*p*	*m*	*n*	*p*	*m*	*m*;
(A, $G^{\sharp}$, $H^{\flat}$):	*m*	*p*	*m*	*n*	*p*	*m*	*n*.

1) Untersucht man alle 30 Tonarteu, die auf einfache Kreuze und Bee führen, so findet sich, dafs 6 Tonarten völlig rein bleiben, 9 in Einem, 9 in zwei, 3 in drei, 3 in vier Tonverhältnissen unrein sind; s. d. Vfs. Abhandlung über Tonbestimmungen etc. I. Anhang.

So befriedigend nun auch die Resultate dieses Tonsystems in Absicht auf die Zahl der völlig rein bleibenden Tonarten sind, so sind doch die Abweichungen der übrigen, namentlich da, wo sie Quinten, Quarten und Terzen betreffen, zu grofs, als dafs nicht die Reinheit einiger Tonarten durch die Unreinheit der anderen zu theuer erkauft schiene. Es wird daher durch diese ungleichschwebende Temperatur keineswegs die Untersuchung überflüssig gemacht, ob es nicht zu befriedigenderen Ergebnissen führe, wenn man die absolute Reinheit, die denn doch nur für einen kleinen Theil der Tonarten zu erreichen ist, völlig aufgiebt und statt ihrer eine *genäherte* Reinheit für alle zu erreichen sucht. Zur Erledigung dieser Untersuchung bietet sich folgender einfache Gedanke dar. Wir haben oben gesehen, dafs den erhöhten und erniedrigten Tönen in verschiedenen Tonarten verschiedene Verhältnifszahlen zukommen, wenn reine Scalen entstehen sollen, ja dafs diefs sogar von den Haupttönen gilt. Alle diese Verhältnifszahlen hängen von O, Q und T ab, von welchen Gröfsen O unveränderlich $= 2$ ist. Sieht man aber Q und T als noch unbestimmte Gröfsen an, so kann man versuchen sie so zu bestimmen, dafs alle jene Doppelwerthe von $C^\sharp$, $D^\sharp$ etc., $D^\flat$, $E^\flat$ etc. einander gleich werden. Diefs geschieht nun für alle zugleich, wenn

$$T = \frac{Q^4}{O^2} = \tfrac{1}{4}\, Q^4.$$

Denn setzt man z. B. die doppelten Werthe von $C^\sharp$, $\frac{Q^3 T}{O^2}$ und $\frac{T^2}{Q}$, oder die von $F^\sharp$, $\frac{Q^2 T}{O}$ und $\frac{O T^2}{Q^2}$, oder die von $E^\flat$, $\frac{Q}{T}$ und $\frac{O^2}{Q^3}$, oder die von G, Q und $\frac{O^2 T}{Q^3}$ u. s. f. einander gleich, so ergiebt sich für alle gleichmäfsig die vorstehende Relation zwischen T und Q. Substituirt man nun diesen Ausdruck von T durch Q in die zuvor gefundenen allgemeinen Ausdrücke der 21 Töne, und setzt überall $O = 2$, so erhält man folgendes System nur von der Quinte und Octave $= 2$ abhängiger Bestimmungen:

$C^{\sharp} = \frac{Q^7}{2^4}$	$G^{\flat} = \frac{2^4}{Q^6}$
$D^{\flat} = \frac{2^3}{Q^5}$	$G = Q$
$D = \frac{Q^2}{2}$	$G^{\sharp} = \frac{Q^8}{2^4}$
$D^{\sharp} = \frac{Q^9}{2^5}$	$A^{\flat} = \frac{2^3}{Q^4}$
$E^{\flat} = \frac{2^2}{Q^3}$	$A = \frac{Q^3}{2}$
$E = \frac{Q^4}{2^2}$	$A^{\sharp} = \frac{Q^{10}}{2^5}$
$E^{\sharp} = \frac{Q^{11}}{2^6}$	$H^{\flat} = \frac{2}{Q^2}$
$F^{\flat} = \frac{2^5}{Q^8}$	$H = \frac{Q^5}{2^2}$
$F = \frac{2}{Q}$	$H^{\sharp} = \frac{Q^{12}}{2^6}$
$F^{\sharp} = \frac{Q^6}{2^3}$	$c^{\flat} = \frac{2^5}{Q^7}$

Man übersieht leicht, dafs, wenn hieraus reinere Tonbestimmungen als die zuvor gefundenen sich ergeben sollen, Q nicht den Werth der reinen Quinte $\frac{3}{2}$ haben dürfe. Denn diese würde z. B. $E = \frac{81}{64} = \frac{5}{4} \cdot \frac{81}{80}$, $H = \frac{243}{128} = \frac{15}{8} \cdot \frac{81}{80}$ geben, welche beide um ein syntonisches Komma zu hoch sind, indefs $E^{\flat} = \frac{32}{27} = \frac{6}{5} \cdot \frac{80}{81}$ um ebenso viel zu tief wäre. Es wird also hier $Q < \frac{3}{2}$ anzunehmen seyn. Welchen Werth man aber auch Q geben möge, so ist zu bemerken, dafs, wenn man aus vorstehenden Bestimmungen die Tonleitern bildet, für jeden Werth von Q in *allen* Tonarten die gleichnamigen scalenbildenden Töne *dieselben* Verhältnisse zum Grundton haben. Ihre Verhältnifszahlen sind nämlich für *alle Durtonarten* (mit Zufügung der Octave)

$$1,\ \frac{Q^2}{2},\ \frac{Q^4}{2^2},\ \frac{2}{Q},\ Q,\ \frac{Q^3}{2},\ \frac{Q^5}{2^2},\ 2;$$

für *alle Molltonarten*

$$1,\ \frac{Q^2}{2},\ \frac{2^2}{Q^3},\ \frac{2}{Q},\ Q,\ \frac{2^3}{Q^4},\ \frac{2}{Q^2},\ 2.$$

Diefs heifst mit anderen Worten: alle Werthe von Q, durch welche die vorstehenden Ausdrücke Werthe erhalten, aus denen Scalen von genäherter Reinheit folgen, geben *eine gleichschwebende Temperatur.* Denn es ist das charakteristische Kennzeichen einer solchen, dafs in allen Tonarten die Scalen desselben Tongeschlechts völlig gleich gebaut sind. Die vorstehenden beiden Scalen sind also die *allgemeinen Typen der Tonleitern bei gleichschwebender Temperatur überhaupt.* Bildet man durch Division jedes Gliedes dieser Scalen durch das nächstvorhergehende die Verhältnifszahlen der *Tonstufen*, so erhält man für *Dur* die Reihe:

$$\frac{Q^2}{2},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{2^3}{Q^5},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{2^3}{Q^5};$$

für *Moll*:

$$\frac{Q^2}{2},\quad \frac{2^3}{Q^5},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{2^3}{Q^5},\quad \frac{Q^2}{2},\quad \frac{Q^2}{2}.$$

Es ergeben sich hier also statt der drei Tonstufen der reinen Scalen nur *zwei*, die *gröfsere* $\frac{Q^2}{2}$ und die *kleinere* $\frac{2^3}{Q^5}$, und zwar darum, weil für $T = \frac{Q^4}{O^2}$ der grofse ganze Ton $\frac{Q^2}{O}$ dem kleinen ganzen Ton $\frac{OT}{Q^2}$ gleich wird.

Es bleibt nun noch übrig zu untersuchen, auf welche Weise für Q ein oder mehrere der Forderung nahe reiner Scalen entsprechende Werthe gefunden werden können.

Zu diesem Zwecke ist es nöthig auf einen Begriff einzugehen, der bisher, um der gewöhnlichen Betrachtung der Tonverhältnisse möglichst nahe zu bleiben, absichtlich vermieden worden ist, auf den Begriff des *Intervalls.* Obgleich schon Euler (*tentamen novae theoriae musicae p.* 73) die richtige Messung der Intervalle gelehrt hat, so scheint diese doch so in Vergessenheit gekommen zu seyn, dafs, als vor mehr als vierzig Jahren allerdings kein Physiker, sondern ein Philosoph, Herbart auf anderem Wege zu derselben Maafsbestimmung gelangte, sie keine Beachtung fand, vielmehr dieselbe zu den zahlreichen philosophischen Paradoxien gerechnet worden seyn mag, gegen welche die

Physiker, im Allgemeinen mit Recht, Mifstrauen hegen. Es soll nun versucht werden, diese Euler'sche Messung der Intervalle aufs Neue allgemein zu begründen [1]).

Das Intervall zweier Töne A, B kann man vorläufig definiren, als die Gröfse des hörbaren Unterschiedes derselben. Dieser Unterschied ist jedoch *nicht* proportional der Differenz der absoluten Schwingungszahlen der Töne. Denn sind diese a und b, wo $b > a$ seyn mag, so sind die Schwingungszahlen ihrer oberen Octaven resp. $2a$, $2b$. Drückte nun $b - a$ das Intervall von A und B aus, so würde das ihrer oberen Octaven $2b - 2a$, also doppelt so grofs, ebenso das ihrer unteren Octaven halb so grofs als das Intervall AB, indefs doch anerkannt ist, dafs alle diese Tonpaare *gleiche* Intervalle haben. Aus demselben Grunde kann das Intervall auch nicht der Differenz der relativen Schwingungszahlen der Töne proportional angenommen werden, die denselben in Bezug auf irgend einen beliebigen Grundton zukommen. Denn sey die absolute Schwingungszahl des Grundtons $= \gamma$, so wäre nach dieser Annahme das Intervall AB proportional $\frac{b}{\gamma} - \frac{a}{\gamma}$, folglich das der oberen Octaven von A und B proportional $\frac{2b}{\gamma} - \frac{2a}{\gamma}$, also wiederum doppelt so grofs als AB. Aus der Gleichheit des Intervalls von AB mit denen aller oberen und unteren Octaven von A und B erhellt vielmehr, dafs das Intervall eine *Function des Schwingungsverhältnisses* von A und B also von $\frac{b}{a}$ ist, welches sich nicht ändert, wenn man a und b durch dieselben ganzen Zahlen multiplicirt oder dividirt. Wir bezeichnen diese noch unbekannte Function durch $f\left(\frac{b}{a}\right)$, wo jederzeit der Nenner des Bruchs $\frac{b}{a}$ die kleinere von beiden Schwingungszahlen seyn soll. Sind

1) Ich will nicht unerwähnt lassen, dafs ich zu der folgenden Darstellung, die von der in der Abhandlung über Tonbestimmung etc. gegebenen verschieden ist, durch eine Andeutung Hrn Dr. R. Baltzer's in Dresden geführt worden bin.



nun *drei* Töne A, B, C gegeben, deren absolute Schwingungszahlen a, b, c sind, wo $a < b < c$ seyn mag, so wird, wie bekannt, das Intervall AC als die *Summe* der Intervalle AB, BC angesehen, oder es ist $AB + BC = AC$. Da nun nach den Vorstehenden $AB = f\left(\frac{b}{a}\right)$, $BC = f\left(\frac{c}{b}\right)$, $AC = f\left(\frac{c}{a}\right)$ zu setzen ist, so folgt hieraus, dafs

$$f\left(\frac{b}{a}\right) + f\left(\frac{c}{b}\right) = f\left(\frac{c}{a}\right).$$

Sind vier Töne A, B, C, D, deren absolute Schwingungszahlen resp. a, b, c, d seyn mögen, wo wieder $a < b < c < d$, so folgt auf dieselbe Weise, dafs

$$f\left(\frac{b}{a}\right) + f\left(\frac{c}{b}\right) + f\left(\frac{d}{c}\right) = f\left(\frac{d}{a}\right).$$

Sind allgemein die Töne A, A_1, A_2, ... A_{n-1}, A_n, deren resp. Schwingungszahlen $a < a_1 < a_2 \ldots < a_{n-1} < a_n$ seyn mögen, so folgt, da die Summe der Intervalle AA_1, A_1A_2, ... $A_{n-1}A_n$ das Intervall AA_n giebt, dafs

$$f\left(\frac{a_1}{a}\right) + f\left(\frac{a_2}{a_1}\right) + \ldots + f\left(\frac{a_n}{a_{n-1}}\right) = f\left(\frac{a_n}{a}\right).$$

Wird nun $\frac{a_1}{a} = \frac{a_2}{a_1} = \ldots = \frac{a_n}{a_{n-1}}$, sind also die Intervalle AA_1, A_1A_2, ... $A_{n-1}A_n$ gleich, mithin $n \,.\, AA_1 = AA_n$, so wird

$$nf\left(\frac{a_1}{a}\right) = f\left(\frac{a_n}{a}\right),$$

oder, da $\frac{a_n}{a} = \frac{a_1}{a} \cdot \frac{a_2}{a_1} \ldots \frac{a^n}{a_{n-1}} = \left(\frac{a_1}{a}\right)^n$,

$$nf\left(\frac{a_1}{a}\right) = f\left[\left(\frac{a_1}{a}\right)^n\right].$$

Diese Gleichung fällt aber unter die allgemeinere $nf(x) = f(x^n)$, der bekanntlich nur durch $f(x) = \log x$ Genüge geleistet wird. Es ist demnach

$$\log\frac{a_n}{a} = n \log\frac{a_1}{a}.$$

Da nun aber auch $AA_n = n \,.\, AA_1$ ist, so folgt, dafs

$$AA_1 : AA_n = \log\frac{a_1}{a} : \log\frac{a_n}{a},$$

d. h.: **zwei** Intervalle mit gemeinsamen tiefern Ton, von denen **das** eine ein Vielfaches des andern ist, verhalten sich wie die Logarithmen ihrer Schwingungsverhältnisse. Ist nun ebenso ein drittes Intervall $AA_m = m . AA_1$, so folgt für diese Intervalle in gleicher Weise

$$AA_1 : AA_m = \log \frac{a_1}{a} : \log \frac{a_m}{a}.$$

Demnach findet zwischen den Intervallen AA_m und AA_n die Proportion statt:

$$AA_m : AA_n = \log \frac{a_m}{a} : \log \frac{a_n}{a}$$

d. h.: wenn die Intervalle zwischen dem Grundton A und den beiden Tönen A_m und A_n sich wie die ganzen Zahlen m und n verhalten, so sind sie den Logarithmen der relativen Schwingungszahlen von A_m und A_n proportional.

Es hat nun keine Schwierigkeit, zu beweisen, dafs auch für vier Töne A, A_m, A_n, A_p, deren absolute Schwingungszahlen $a < a_m < a_n < a_p$, die Intervalle zwischen den beiden ersten und den beiden letzten Tönen, AA_m und A_nA_p, also zwei Intervalle, die aufser einander liegen, sich wie die Logarithmen der relativen Schwingungszahlen ihrer höheren Töne in Bezug auf die tieferen verhalten. Denn aus der vorstehenden Proportion folgt unmittelbar

$$AA_m : AA_n - AA_m = \log \frac{a_m}{a} : \log \frac{a_n}{a_m}$$

d. i. $$AA_m : \quad A_mA_n \quad = \log \frac{a_m}{a} : \log \frac{a_n}{a_m}.$$

Wird nun A_m als gemeinsamer Grundton von A_n und A_p angesehen, so ist aus gleichem Grunde

$$A_mA_n : A_nA_p = \log \frac{a_n}{a_m} : \log \frac{a_p}{a_n}$$

Die Zusammensetzung beider Proportionen giebt

$$AA_m : A_nA_p = \log \frac{a_m}{a} : \log \frac{a_p}{a_n},$$

was zu erweisen war. Es sind demnach allgemein Intervalle, die sich wie zwei ganze Zahlen verhalten, den Logarithmen der relativen Schwingungszahlen ihrer höheren

Töne in Bezug auf die tieferen direct proportional. Da nun andere als rationale Verhältnisse der Intervalle nirgends in Betracht kommen, überdiefs aber, wenn diefs der Fall wäre, sie sich immer in beliebig enge rationale Gränzverhältnisse einschliefsen lassen würden, so kann man ohne alle Beschränkung den Satz aufstellen: *alle Intervalle sind direct proportional den Logarithmen der relativen Schwingungszahlen, welche ihren höheren Tönen in Bezug auf die tieferen zukommen* [1]).

Sey nun AA_m das Intervall zwischen dem Grundton und seiner Octave, also $\frac{a_m}{a}=2$, so wird, wenn man dasselbe zur Einheit der Intervalle macht, jedes andere Intervall A_nA_p, dessen Tönen die absoluten Schwingungszahlen a_n, a_p zukommen, wenn $a_n < a_p$, in Zahlenwerthen ausgedrückt durch die Formel

$$A_n A_p = \frac{\log \frac{a_n}{a_p}}{\log 2},$$

was *die Euler'sche Maafsbestimmung der Intervalle* ist. Wendet man Logarithmen von der Basis 2 an, so wird das Intervall durch den blofsen Logarithmen der relativen Schwingungszahl ausgedrückt. Man kann in diesem Sinne nun allerdings ohne alle Paradoxie sagen: *die Gröfsen der*

1) Man kann eben so gut auch die tieferen Töne der Intervalle auf die höheren beziehen. Denn sind die absoluten Schwingungszahlen der vier Töne A, B, C, D resp. $a < b < c < d$, so folgt aus dem Obigen

$$AB : CD = \log \frac{b}{a} : \log \frac{d}{c}.$$

Es ist aber

$$\log \frac{b}{a} : \log \frac{d}{c} = \log b - \log a : \log d - \log e$$
$$= \log a - \log b : \log c - \log d$$
$$= \log \frac{a}{b} : \log \frac{c}{d};$$

also auch

$$AB : CD = \log \frac{a}{b} : \log \frac{c}{d}.$$

Der oben gewählte Ausdruck ist jedoch, da er negative Logarithmen vermeidet, der bequemere.

unserem Ohr vernehmbaren Unterschiede der Töne sind die Logarithmen ihrer Schwingungsverhältnisse.

Vermöge dieses Maafses erhält man nun zunächst für die Intervalle der in die *reinen* Scalen eingehenden Tonverhältnisse und ihrer Ergänzungen zu der Octave folgende Zahlwerthe, deren Einheit das Intervall zwischen Octave und Grundton ist:

Intervall der kleinen Secunde	= 0,09311
» » grofsen Secunde	= 0,16992
» » kleinen Terz	= 0,26303
» » grofsen Terz	= 0,32193
» » Quarte	= 0,41504
» » Quinte	= 0,58496
» » kleinen Sexte	= 0,67807
» » grofsen Sexte	= 0,73697
» » kleinen Septime	= 0,83008
» » grofsen Septime	= 0,90689

Ebenso findet man

das Intervall des kleinen ganzen Tons	= 0,15200
» » » syntonischen Komma $\frac{81}{80}$	= 0,01792
» » » grofsen Limma $\frac{27}{25}$	= 0,11103

u. s. f.

Da ferner das Intervall des grofsen ganzen Tons oder der grofsen Secunde sehr nahe = 0,17 ist, so ist in allen Intervallwerthen 0,01 des Octavenintervalls gleichbedeutend mit $\frac{1}{17}$ des grofsen ganzen Tons (den wir in der Folge immer abgekürzt durch g. T. bezeichnen werden). Man erhält hierdurch für kleine Tonunterschiede unmittelbar fafsliche Bestimmungen. So ist z. B. das Intervall des kleinen halben Tons oder der kleinen Secunde = $\frac{93}{170}$ oder nahe $\frac{5}{9}$ des Intervalls des grofsen ganzen Tons, das Intervall des grofsen Limma = $\frac{111}{170}$ oder nahe = $\frac{11}{17}$ g. T., das des syntonischen Komma = $\frac{9}{85}$ oder nahe = $\frac{1}{9,4}$ gr. T. u. s. f. Erst durch diese Maafsbestimmungen der Intervalle wird es leicht, die Abweichungen der temperirten Tonverhältnisse von den reinen in Theilen des grofsen ganzen Tons auf

eine dem musikalischen Gehör unmittelbar verständliche Weise zu würdigen.

Dieses Hülfsmittel setzt uns nun auch in den Stand, in den zuvor gegebenen allgemeinen Ausdrücken der Tonverhältnisse bei gleichschwebender Temperatur, für die Quinte, von der sie abhängen, einen Werth zu finden, durch welchen hinlänglich reine Scalen erhalten werden. Da nämlich, wenn x das Intervall irgend welcher zwei Töne, deren relative Schwingungszahl $= y$, nach dem Vorigen

$$x = \frac{\log y}{\log 2}$$

ist, und hieraus folgt

$$y = 2^x,$$

so läfst sich ebenso leicht die relative Schwingungszahl aus dem gegebenen Intervall als dieses aus jenem berechnen. Die Bestimmung eines angemessenen Intervalls der Quinte führt also unmittelbar zu der entsprechenden relativen Schwingungszahl derselben, und das Gleiche gilt für die Intervalle aller übrigen scalenbildenden Töne. Es genügt für unseren nächsten Zweck zu bemerken, dafs, wenn das Intervall der temperirten Quinte durch q, das der temperirten grofsen Terz durch t bezeichnet wird,

$$q = \frac{\log Q}{\log 2} \text{ und } t = \frac{4 \log Q}{\log 2} - 2 = 4q - 2$$

ist, da in der gleichschwebenden Temperatur allgemein, wie wir sahen, $\frac{Q^4}{2^2}$ das Schwingungsverhältnifs oder die relative Schwingungszahl der grofsen Terz ausdrückt. Setzt man nun in der letzteren Formel $q = 0{,}58496$, den Werth des reinen Quintenintervalls, so wird

$$t = 0{,}33984,$$

indefs das Intervall der reinen grofsen Terz $= 0{,}32193$. Es ist also t um 0,01791 oder $\frac{1}{9{,}4}$ gr. T. zu hoch, ein Unterschied, der zu merklich ist, als dafs er für eine erträgliche Annäherung an die Reinheit gelten könnte. Es mufs daher, wenn die grofse Terz sich der Reinheit mehr nähern soll, q kleiner als sein reiner Werth seyn, d. h. die zu tempe-

rirende Quinte mufs *abwärts schweben*, das reine Quintenintervall *vermindert* werden. Um nun hier planlosen Versuchen aus dem Wege zu gehen, bietet sich als das nächstliegende Mittel dar, das Intervall der Quinte, welches schärfer berechnet $= 0{,}5849625$ ist, in einen Kettenbruch zu verwandeln und die daraus sich ergebenden Näherungswerthe hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zur Bestimmung der grofsen Terz zu untersuchen. Die auf diese Weise sich ergebenden genäherten Werthe des reinen Quintenintervalls sind folgende:

$$\tfrac{1}{2} = 0{,}5;$$
$$\tfrac{3}{5} = 0{,}6;$$
$$\tfrac{7}{12} = 0{,}5833333;$$
$$\tfrac{24}{41} = 0{,}5853659;$$
$$\tfrac{31}{53} = 0{,}5849057;$$

u. s. f.

Da die beiden ersten dieser Werthe nur rohe Annäherungen sind, der vierte aber gröfser ist als das Intervall der reinen Quinte, so bleiben nur der dritte und fünfte zu prüfen übrig (die folgenden schliefsen sich dem reinen Intervall immer enger an). Es folgt nun

aus $q = \tfrac{7}{12}$, $t = \tfrac{4}{12} = 0{,}33333$,
aus $q = \tfrac{31}{53}$, $t = \tfrac{18}{53} = 0{,}33962$.

Bei dem ersteren dieser Werthpaare ist das Intervall der Quinte um 0,00163 zu klein oder die Quinte um $\frac{1}{103{,}6}$ g. T. zu tief, das Intervall der grofsen Terz um 0,01140 zu grofs oder die grofse Terz um $\frac{1}{14{,}9}$ g. T. zu hoch. Die erstere Differenz ist völlig unmerkbar, die zweite kann für erträglich gelten. Die andere Werthbestimmung giebt für das Quintenintervall die Differenz 0,00006, was einer um $\frac{1}{2832}$ g. T. abwärts schwebenden Quinte entspricht, für das Intervall der grofsen Terz die Differenz 0,01769, woraus folgt, dafs die gr. Terz um $\frac{1}{9{,}6}$ gr. T. aufwärts schwebt. Die Reinheit der Quinte ist also so gut als vollständig, daher auch die Unreinheit der grofsen Terz fast ebenso grofs wie bei völlig untemperirtem q.

Nimmt man nun $q = \frac{\log Q}{\log 2} = \frac{7}{12}$ an, woraus $Q = 2^{\frac{7}{12}}$ folgt, und substituirt den letzteren Werth in die allgemeinen Ausdrücke der scalenbildenden Töne der gleichschwebenden Temperatur, so ergeben sich für ihre relativen Schwingungszahlen folgende Werthe:

$$
\begin{array}{rlrl}
C^{\sharp} = D^{\flat} = 2^{\frac{1}{12}} & & G = 2^{\frac{7}{12}} \\
D = 2^{\frac{2}{12}} & & G^{\sharp} = A^{\flat} = 2^{\frac{8}{12}} \\
D^{\sharp} = E^{\flat} = 2^{\frac{3}{12}} & & A = 2^{\frac{9}{12}} \\
E = F^{\flat} = 2^{\frac{4}{12}} & & A^{\sharp} = H^{\flat} = 2^{\frac{10}{12}} \\
E^{\sharp} = F = 2^{\frac{5}{12}} & & H = 2^{\frac{11}{12}} \\
F^{\sharp} = G^{\flat} = 2^{\frac{6}{12}} & & H^{\sharp} = c = 2.
\end{array}
$$

Man hat nun hiermit offenbar diejenige Temperatur gefunden, die man gewöhnlich ausschliefslich die gleichschwebende nennt, und in der sich die 21 Töne der Musik auf 12 reduciren, indem die erhöhten und erniedrigten Töne theils mit einander theils mit Haupttönen zusammenfallen. Die gröfsere Tonstufe wird hier doppelt so grofs als die kleinere, und diefs ist nur bei dieser Temperatur der Fall. Denn es ist der allgemeine Werth des Intervalls des grofsen ganzen Tons $= \frac{\log \frac{Q^2}{2}}{\log 2}$, der des Intervalls des halben Tons $= \frac{\log \frac{2^3}{Q^5}}{\log 2}$, daher jenes nur dann doppelt so grofs als dieses, wenn $Q^{12} = 2^7$, d. i. $Q = 2^{\frac{7}{12}}$. Berechnet man nach den obigen Formeln die relativen Schwingungszahlen und Intervalle der scalenbildenden Töne, denen wir zur Ergänzung noch die kleine Secunde beifügen, so ergeben sich folgende Zahlenwerthe

	Relative Schwingungszahlen.	Intervall.
kl. Secunde	$2^{\frac{1}{12}} = \frac{15,89190}{15}$	$\frac{1}{12} = 0,08333$
gr. Secunde	$2^{\frac{2}{12}} = \frac{8,97968}{8}$	$\frac{2}{12} = 0,16667$
kl. Terz	$2^{\frac{3}{12}} = \frac{5,94605}{5}$	$\frac{3}{12} = 0,25000$
gr. Terz	$2^{\frac{4}{12}} = \frac{5,03968}{4}$	$\frac{4}{12} = 0,33333$
Quarte	$2^{\frac{5}{12}} = \frac{4,00452}{3}$	$\frac{5}{12} = 0,41667$
Quinte	$2^{\frac{7}{12}} = \frac{2,99662}{2}$	$\frac{7}{12} = 0,58333$
kl. Sexte	$2^{\frac{8}{12}} = \frac{7,93700}{5}$	$\frac{8}{12} = 0,66667$
gr Sexte	$2^{\frac{9}{12}} = \frac{5,04537}{3}$	$\frac{9}{12} = 0,75000$
kl Septime	$2^{\frac{10}{12}} = \frac{16,03620}{9}$	$\frac{10}{12} = 0,83333$
gr Septime	$2^{\frac{11}{12}} = \frac{15,10200}{8}$	$\frac{11}{12} = 0,91667$

Es steht daher hier, wie sich leicht ergiebt, die Quinte um $\frac{1}{103,6}$ g. T. zu tief, die gr. Terz um $\frac{1}{14.9}$ g. T. zu hoch, die kl. Terz um $\frac{1}{13}$ g. T. zu tief, die gr. Secunde um $\frac{1}{52,1}$ g. T. zu tief, die kl. Secunde um $\frac{1}{17,4}$ g. T. zu tief. Die Intervalle, welche die genannten zur Octave ergänzen, weichen um dieselben Gröfsen, aber im entgegengesetzten Sinne, von der Reinheit ab. Indefs also die Schwingungszahlen der Töne der *reinen* Scale zu der Schwingungszahl des Grundtons in *rationalen* Verhältnissen stehen, sind diese Verhältnisse in der vorstehenden temperirten Scale *irrational;* dagegen sind in jener die Verhältnisse der *Intervalle irrational*, in dieser aber *rational.*

Sehr leicht läfst sich zeigen, dafs es *keine andere* gleich schwebende Temperatur giebt, bei der durch Zusammenziehung der nächstbenachbarten erhöhten und erniedrigten Töne die Zahl aller Töne sich von 21 auf 12 reducirt [1]).

1) Wie sich aus den Mittelzahlen zwischen den oben angegebenen Doppelwerthen der erhöhten und erniedrigten Töne die ebenfalls nur zwölf

Denn da in der gleichschwebenden Temperatur allgemein $C^{\#} = \frac{Q^7}{2^4}$, $D^{b} = \frac{2^3}{Q^5}$, $D^{\#} = \frac{Q^9}{2^5}$, $E^{b} = \frac{2^2}{Q^3}$ u. s. f. ist, so giebt die Gleichsetzung von $C^{\#}$ und D^{b}, $D^{\#}$ und E^{b} etc. als allgemeine Bedingung dieser Reduction $Q = 2^{\frac{7}{12}}$. Ebenso leicht ersieht man aber auch, dafs, wenn $Q \gtrless 2^{\frac{7}{12}}$, die genannten Töne im Allgemeinen gesondert bleiben und zwar, dafs, wenn $Q < 2^{\frac{7}{12}}$, die erhöhten Töne $C^{\#}$, $D^{\#}$ etc. *tiefer* liegen als die ihnen nächst benachbarten erniedrigten, wenn dagegen $Q > 2^{\frac{7}{12}}$, *höher* als dieselben. Man kann daher im Allgemeinen *zwei Classen* von gleichschwebenden Temperaturen unterscheiden, zwischen denen die gewöhnliche ausschliefslich sogenannte Temperatur, für welche $Q = 2^{\frac{7}{12}}$, die *Gränze* bildet.

Um nun ferner zu untersuchen, ob in der ersten dieser beiden Classen, welche offenbar diejenige ist, in welcher allein reinere grofse Terzen möglich sind, es eine noch vorzüglichere Temperatur als die eben betrachtete gebe, ist zu bemerken, dafs die Formel $q = \frac{7}{12}$ auch den Sinn hat, dafs das Intervall von 12 temperirten Quinten gleich ist dem Intervall von 7 Octaven. Das 12fache des reinen Quintenintervalls giebt nämlich 7,0195500, übertrifft also das Intervall von 7 Octaven um 0,01955, d. i. nahe $\frac{1}{8,7}$ g. T. oder das pythagorische Komma, dessen Schwingungsverhältnifs $= \frac{3^{12}}{2^{19}}$ ist. Bildet man nun die höheren Vielfachen des reinen Quintenintervalls $0,5849625 = q_1$, so finden sich unter diesen folgende drei bemerkenswerthe Annäherungen an eine ganze Zahl von Octaven [1]):

$$19 q_1 = 11,11429$$
$$31 q_1 = 18,13384$$
$$43 q_1 = 25,15339,$$

Töne enthaltende, aber ungleich schwebende Kirnberger'sche Temperatur ableiten läfst, ist in des Vfs. Abhandlung über Tonbestimmung etc. §. 32 gezeigt worden.

1) Vergl. die Abhandlung über Tonbestimmung §. 44.

Für diese hat nämlich das temperirte Quintenintervall q und das zugehörige Q der Reihe nach folgende Werthe:

$$q = \tfrac{11}{19} = 0{,}57895; \quad Q = 2^{\frac{11}{19}};$$
$$q = \tfrac{18}{31} = 0{,}58065; \quad Q = 2^{\frac{18}{31}};$$
$$q = \tfrac{25}{43} = 0{,}58140; \quad Q = 2^{\frac{25}{43}}.$$

Diese drei Werthe von q weichen von dem reinen q_1 der Reihe nach um $\frac{1}{28,2}$, $\frac{1}{39,4}$, $\frac{1}{47,7}$ g. T. ab, sind also minder rein als $q = \frac{7}{12}$, geben aber reinere grofse Terzen. Diese sind nämlich resp. folgende:

$$t = \tfrac{6}{19} = 0{,}31579, \text{ um } \tfrac{1}{27,7} \text{ g. T. zu hoch;}$$
$$t = \tfrac{10}{31} = 0{,}32258, \text{ um } \tfrac{1}{251,4} \text{ g. T. zu hoch;}$$
$$t = \tfrac{14}{43} = 0{,}32558, \text{ um } \tfrac{1}{46,5} \text{ g. T. zu hoch.}$$

Diese Terzen sind nicht nur befriedigend, sondern zumal die beiden letzten so gut als völlig rein. In der That geben alle drei Werthe von q Tonsysteme von gröfserer Reinheit als das der 12 Töne, bei deren näheren Betrachtung wir jedoch hier nicht verweilen wollen [1]). Wichtiger ist es vielmehr offenbar, allgemein zu untersuchen: ob sich ein solcher Werth von q finden lasse, bei dessen Annahme die *Gesammtheit der Abweichungen* der scalenbildenden Töne von der Reinheit die *möglich kleinste* wird. Da Secunden und Septimen, Terzen und Sexten, Quarte und Quinte einander zur Octave ergänzen, so kommt es hierbei nur auf die Bestimmung von fünf Intervallen an, wozu die der grofsen Secunde, grofsen Terz, Quinte, grofsen Sexte und grofsen Septime gewählt werden können. Wenn nun, wie gezeigt wurde, für jede gleichschwebende Temperatur die Schwingungsverhältnisse dieser Töne der Reihe nach durch

$$\frac{Q^2}{2}, \quad \frac{Q^4}{2^2}, \quad Q, \quad \frac{Q^3}{2}, \quad \frac{Q^5}{2^2}$$

ausgedrückt werden, so entsprechen diesen Ausdrücken die temperirten Intervalle

$$2q-1, \quad 4q-2, \quad q, \quad 3q-1, \quad 5q-2,$$

indefs ihre reinen Intervalle resp. sind

1) S. die angeführte Abhandlung §. 45—47.

$$\frac{\log \frac{9}{8}}{\log 2}, \quad \frac{\log \frac{5}{4}}{\log 2}, \quad \frac{\log \frac{3}{2}}{\log 2}, \quad \frac{\log \frac{5}{3}}{\log 2}, \quad \frac{\log \frac{15}{8}}{\log 2},$$

wofür wir zur Abkürzung

$$d, \quad e, \quad g, \quad a, \quad h$$

setzen wollen. Wichen nun alle temperirten Intervalle von den reinen in *demselben* Sinne ab, so dafs alle zugleich zu grofs oder zu klein wären, so wäre es zur Lösung der Aufgabe genügend, q so zu bestimmen, dafs die Summe der Differenzen zwischen den gleichnamigen reinen und temperirten Intervallen möglichst klein würde. Da aber die temperirten Intervalle, welche einander zur Octave ergänzen, immer im *entgegengesetzten* Sinne von ihren reinen abweichen, so fordert die Lösung der Aufgabe, dafs die *Summe der Quadrate* der Differenzen zwischen den gleichnamigen reinen und temperirten Intervallen möglichst klein werde. Diefs giebt nun nach der angenommenen Bezeichnung die Bedingung, dafs die Summe

$$(d-2q+1)^2+(e-4q+2)^2+(g-q)^2+(a-3q+1)^2 + (h-5q+2)^2,$$

in welcher d, e, g, a, h als constante Gröfsen, q aber als veränderlich zu betrachten ist, ein Minimum werde. Man hat bekanntlich zur Erfüllung dieser Bedingung nur nöthig, den Differentialquotienten dieser Summe zu bilden und gleich Null zu setzen. Geschieht diefs, so erhält man

$$q = \frac{23+2d+4e+g+3a+5h}{55}.$$

Restituirt man die Zahlenwerthe von d, e, g, a, h, so ergiebt sich

$$q = \frac{\log\left(\frac{3^7 . 5^{12}}{2^7}\right)}{55 . \log 2} = 0{,}5810541.$$

Der zugehörige Werth von Q ist

$$Q = \left(\frac{3^7 . 5^{12}}{2^7}\right)^{\frac{1}{55}} = 1{,}4959400.$$

Hieraus folgt auch

$$Q = \frac{2{,}9918800}{2}, \text{ anstatt } \frac{3}{2}.$$

Die Abweichung des Intervalls q von der Reinheit beträgt 0,0039084 oder $\frac{1}{43,6}$ g. T.

Verwandelt man den Werth von q in einen Kettenbruch, so ergeben sich daraus die genäherten Werthe

$$\tfrac{1}{2},\quad \tfrac{3}{5},\quad \tfrac{4}{7},\quad \tfrac{7}{12},\quad \tfrac{18}{31},\quad \tfrac{43}{74},$$

von denen $\frac{43}{74} = 0,58108$ der schärfste ist; neben diesen Werthen kann auch noch $\frac{25}{43} = 0,58140$ und $\frac{11}{19} = 0,57895$ in Betracht kommen. Begnügen wir uns, was mehr als zureichend ist, mit 5 Decimalen, so erhalten für $q = 0,5810541$ die Intervalle der 21 Töne die nachfolgenden Werthe, von denen die der beigesetzten gemeinen Brüche nur in der letzten Decimalstelle abweichen. Macht man daher diese Brüche zu Potenzexponenten von 2, so erhält man mit vollkommen zureichender Schärfe die abgekürzten Ausdrücke der relat. Schwingungszahlen der entsprechenden Töne.

Ton.	Intervall.	Ton.	Intervall.
$C^{\sharp}$	0,06738 ($\frac{5}{74}$)	$G^{\flat}$	0,51368 ($\frac{38}{74}$)
$D^{\flat}$	0,09473 ($\frac{7}{74}$)	G	0,58105 ($\frac{43}{74}$)
D	0,16211 ($\frac{12}{74}$)	$G^{\sharp}$	0,64843 ($\frac{48}{74}$)
$D^{\sharp}$	0,22949 ($\frac{17}{74}$)	$A^{\flat}$	0,67578 ($\frac{50}{74}$)
$E^{\flat}$	0,25684 ($\frac{19}{74}$)	A	0,74316 ($\frac{55}{74}$)
E	0,32422 ($\frac{24}{74}$)	$A^{\sharp}$	0,81054 ($\frac{60}{74}$)
$F^{\flat}$	0,35157 ($\frac{26}{74}$)	$H^{\flat}$	0,83789 ($\frac{62}{74}$)
$E^{\sharp}$	0,39160 ($\frac{29}{74}$)	H	0,90527 ($\frac{67}{74}$)
F	0,41895 ($\frac{31}{74}$)	$c^{\flat}$	0,93262 ($\frac{69}{74}$)
$F^{\sharp}$	0,48632 ($\frac{36}{74}$)	$H^{\sharp}$	0,97265 ($\frac{72}{74}$)

Die gröſsere Tonstufe ist in diesem System $= \frac{12}{74}$, die kleinere $\frac{7}{74}$, diese von jener also $\frac{7}{12}$, was dem Verhältniſs der Intervalle des reinen halben Tons und des groſsen ganzen sehr nahe kommt. Von den Tönen, welche die Hauptintervalle bilden, ist hier

die groſse Secunde um $\frac{1}{21,7}$ g. T. zu tief,
die kleine Terz um $\frac{1}{27,4}$ g. T. zu tief,
die groſse Terz um $\frac{1}{74,2}$ g. T. zu hoch,
die Quinte um $\frac{1}{43,4}$ g. T. zu tief,
die groſse Septime um $\frac{1}{104,9}$ g. T. zu tief;

um ebenso viel weichen die Töne, deren Intervalle die

der vorstehenden zum Octavenintervall ergänzen, im entgegengesetzten Sinne von der Reinheit ab. Diese Differenzen sind so gering, dafs sie theils dem Ohr völlig unerkennbar bleiben, theils nur unter den günstigsten Bedingungen vernehmbar seyn würden.

Die gleichschwebende Temperatur, deren Quintenintervall nahe gleich $\frac{43}{74}$ ist, giebt also für die 21 Töne, deren sich die Musik bedient, Bestimmungen, bei welchen die Scalen aller Tonarten von der Reinheit ganz unmerklich und *in ihrer Gesammtheit weniger abweichen als durch irgend eine andere gleichschwebende oder ungleichschwebende Temperatur erreichbar ist.* Was die letzteren betrifft, so haben wir in der ersten Hälfte dieses Aufsatzes gesehen, wie weit man gelangen kann. Was die gleichschwebenden Temperaturen angeht, so sind diejenigen, deren Quintenintervalle $\frac{7}{12}$, $\frac{11}{19}$, $\frac{18}{31}$, $\frac{25}{43}$, nur als Annäherungen zu der vorstehenden zu betrachten, die wir als die *möglichreinste* werden bezeichnen dürfen. Diese Benennung rechtfertigt sich am besten, wenn man die Summe der Quadrate der Abweichungen der fünf Hauptintervalle für alle fünf Temperaturen berechnet. Es findet sich dann

$q = 0{,}58333 = \frac{7}{12}$, die Summe d. Quadrate d. Abweichungen $= 0{,}0004089$,
$q = 0{,}57895 = \frac{11}{19}$, » » » » $= 0{,}0003659$,
$q = 0{,}58065 = \frac{18}{31}$, » » » » $= 0{,}0001315$,
$q = 0{,}58140 = \frac{25}{43}$, » » » » $= 0{,}0001290$,
$q = 0{,}58105$ nahe $= \frac{43}{74}$, » » » » $= 0{,}0001225$.

Wenn daher, wie gezeigt wurde, ein System von 21 Tönen, welches für alle Tonarten zugleich völlig reine Scalen giebt, unmöglich ist, so darf das vorstehende, wie es scheint, darauf Anspruch machen für die gröfstmögliche Annäherung an das bei der Annahme von 21 fixen Tönen unerreichbare Ideal vollkommener Reinheit zu gelten. Eine ganz andere Frage ist jedoch die, ob solche gröfstmögliche Reinheit das Ziel sey, dem unsere neuere Musik alle anderen Rücksichten unterordnet, oder ob nicht vielleicht andere Forderungen, die sie an die Tonverbindungen macht, sie nöthigen, von diesem Ziel etwas abzulenken und Tonbestimmungen zu-

zulassen, die bei weniger gleichmäſsiger Reinheit andere Vortheile darbieten, die der Temperatur von gröſstmöglicher Reinheit abgehen. Diese Frage, die in der mehrmals angeführten Abhandlung, so weit es sich durch bloſse mathematische Betrachtungen thun läſst, zu erörtern versucht worden ist, hat jedoch ein überwiegend musikalisches Interesse und kann daher hier unberührt bleiben.

II. *Von den Vibrationsphänomenen beim Ausflieſsen von Flüssigkeiten durch kurze Ansatzröhren. Eine von F. Savart hinterlassene Abhandlung* [1].

Wenn eine Flüssigkeit, wie das Wasser, durch eine cylindrische Ansatzröhre ausflieſst, so entstehen unter gewissen Umständen Töne von sehr groſser Intensität und einem eigenthümlichen Klange, welcher mit dem so karakteristischen Klange der Stimme keine Aehnlichkeit hat. Merkwürdig ist, daſs nach so vielen Versuchen, die man zu verschiedenen Zeiten mit Ansatzröhren gemacht hat, diese Erscheinung unbeobachtet geblieben ist. Es erklärt sich jedoch einigermaſsen, denn, damit ein Ansatzrohr Töne gebe, ist erforderlich 1) daſs seine Länge sich nicht sehr von der Gleichheit mit dem Durchmesser entferne, 2) daſs die Druckhöhen (*Charges*, Belastungen) oder die Höhen der ausflieſsenden Flüssigkeit in gewissen Verhältnissen zu diesen Durchmessern stehen, 3) daſs der Durchmesser des Behälters gewisse Gränzen nicht überschreite, auch mit Rücksicht auf die Ansatzröhre. Kurz, es sind nur besondere Fälle, in welchen die Erscheinung entsteht, vor allem in ihrer ganzen Schönheit.

1) Diese aus den *Compt. rend. T.* 37, *p.* 208 entnommene Abhandlung wurde der Pariser Akademie von N. Savart überreicht, der seitdem leider auch der Wissenschaft durch den Tod entrissen worden ist. *P.*



Um zuvörderst eine allgemeine Idee von ihr zu geben, denke man sich, man verschliefse eine Glasröhre von 6 bis 8 Centimeter Durchmesser und 2 Meter Länge am unteren Ende durch eine Metallplatte, die in der Mitte ein cylindrisches Loch von einem mit der Dicke der Platte gleichem Durchmesser habe. Nachdem diese Röhre in senkrechter Stellung befestigt und mit Wasser gefüllt worden, öffne man das Loch. Dann beobachtet man, dafs das Ausfliefsen periodisch unter Tonbildung geschieht, dafs der Ton bei seinem Erscheinen anfangs schwach und verworren ist, dafs er allmälig, in dem Maafse als die Druckhöhe abnimmt, an Stärke gewinnt, aber nur bis zu einem gewissen Punkt, über welchen hinaus er wieder schwächer wird; dafs es darauf einen gewissen Punkt giebt, wo der Ton sehr schwach und verworren wird, oder gar verschwinden kann. Bei fortwährend abnehmender Druckhöhe nimmt er aber wieder zu an Kraft, wird tiefer und erreicht abermals ein Maximum von Intensität. Dann wird er wiederum schwach, um von Neuem zu wachsen, und so fort, immer tiefer werdend, so wie die Druckhöhe abnimmt. Die Anzahl dieser Art von Vibrationsbäuchen ist mehr oder weniger grofs, je nach dem Durchmesser und der Höhe der Röhre, ist auch abhängig vom Durchmesser des Loches.

Aus dieser einfachen Darlegung folgt einleuchtend, dafs wenn eine Flüssigkeit durch eine kurze Ansatzröhre ausfliefst, die ganze Masse gewisse Modificationen erleidet, sowohl in der Geschwindigkeit als in der Richtung der sie zusammensetzenden Fäden.

Diese Erscheinungen bieten der experimentellen Untersuchung grofse Schwierigkeiten dar, weil sie 1) nur sehr kurze Zeit dauern, vor allem wenn die Ansatzröhre gegen die als Behälter dienende Röhre einen etwas grofsen Durchmesser hat; 2) bei mehren successiven Versuchen nicht strenge unter denselben Umständen entstehen; und endlich 3) von einer Menge kleiner fast unmerklicher Umstände abgeändert werden, z. B. durch mehr oder weniger vollkommene Politur der Ansatzröhre, Reinheit der Flüssigkeit,

mehr oder weniger grofse Sauberkeit der Wände des Behälters, u. s. w.

Im ersten Paragraphen dieser Abhandlung wollen wir studiren:

1) den Einflufs der Druckhöhe,

2) den des Durchmessers der Ansatzröhre,

3) den der Höhe derselben,

4) den des Durchmessers des Behälters, diesen dabei zunächst als cylindrisch und als concentrisch mit der Ansatzröhre angenommen, später als cylindrisch und im unteren Theile von kleinem Durchmesser, cylindrisch und im oberen Theile von grofsem Durchmesser.

Im zweiten Paragraphen werden wir die Ursache der von den Ansatzröhren ausgehenden Töne zu entdecken suchen, sowohl durch das Studium der Beschaffenheit der aus cylindrischen Ansatzröhren fliefsenden Flüssigkeitsadern, als auch durch Bestimmung der auf die Wände dieser Art Oeffnungen ausgeübten Drucke und durch Untersuchung des Vorgangs im Innern des Behälters.

Im dritten Paragraphen werden wir zeigen, dafs derselbe Vibrationszustand existiren kann, wenn die Ränder der Ansatzröhre abgerundet sind, wenn der Ausschnitt derselben nicht mehr kreisrund, sondern elliptisch oder gebildet aus der Durchschneidung zweier Kreisbögen, wenn er rechteckig ist u. s. w., wenn die Ansatzröhre konisch ist, oder wenn sie in ihrem Verlauf eine Anschwellung enthält, wie es bei den Lockpfeifen (*appeaux ou réclames*) der Fall ist.

Da Gase bei ihrem Durchgang durch kurze Ansatzröhren von verschiedener Form zu analogen akustischen Phänomenen Anlafs geben wie Flüssigkeiten, so wird der vierte Paragraph der Untersuchung diesen Erscheinungen gewidmet seyn, betrachtet unter den verschiedenen Gesichtspunkten des Einflusses der Spannkraft des Gases, der Form und Dimensionen der Behälter, der Form und Dimensionen der Ansatzröhren.

1. Vom Einflufs der Druckhöhe.

Die zu diesen Untersuchungen angewandten cylindrischen Ansatzröhren waren alle auf analoge Weise construirt, oder vielmehr gebildet aus einer kreisrunden Messingscheibe mit parallelen Seiten, die entweder in der Mitte blofs senkrecht durchbohrt oder daselbst noch mit einer angelötheten kleinen cylindrischen Röhre versehen war. In beiden Fällen war diejenige Seite der Scheibe, welche mit der Flüssigkeit in Berührung kam, mit Smirgel abgerieben und auf einer vollkommen planen Scheibe von Gufseisen abgeschliffen. Das Loch oder das Cylinderrohr war ebenfalls ausgerieben, anfangs mit einem messingenen cylindrischen Dorn von gehörigem Durchmesser, dann mit einem cylindrischen Dorn von hartem Harz und endlich mit einem ähnlichen Dorn von weicherem Holz, um ihm die letzte Politur zu geben. Alle nöthigen Vorsichtsmaafsregeln waren getroffen, damit die Ansatzröhre einerseits gut cylindrisch und andrerseits genau winkelrecht auf der Scheibe sey.

Die als Behälter dienenden Röhren waren von Glas; ihr Durchmesser ging von 30 bis 165 Millim.; man wählte die möglichst cylindrischen aus und schliff sie an den mit der Scheibe in Berührung kommenden Enden winkelrecht gegen ihre Ränder ab. Da man sowohl mit den Platten als mit den Röhren oft wechselte, so fügte man sie nur erwärmt mit einem dauerhaften Kitt zusammen, unter gehöriger Vorsicht, dafs von diesem nichts in das Innere der Glasröhre drang und dafs die Axe dieser mit der des Ansatzes zusammenfiel.

Was die Besonderheiten der Versuche selbst betrifft, so bestanden sie darin, dafs man die Glasröhre mittelst eines als unbeweglich zu betrachtenden Stativs senkrecht befestigte, den Ansatz mittelst eines kleinen Korkkegels verschlofs, die Röhre mit Wasser füllte und dasselbe etwa eine Viertelstunde ruhen liefs, ehe man den Ansatz öffnete.

Um die Rolle zu studiren, welche die Druckhöhe spiele, gebrauchte man anfangs eine Glasröhre von $2^{mm},66$ Länge und $0^{mm},041$ Durchmesser, welcher man einen Ansatz von

2^{mm},15 Durchmesser und Höhe anfügte. Die folgende Tafel enthält die Resultate dieses Versuchs, welcher oftmals wiederholt wurde, damit sowohl hinsichtlich der Töne selbst und ihrer Intensität, als auch hinsichtlich der sie hervorbringenden Druckhöhen keine Unsicherheit übrig bleibe.

Tafel I.

Druckhöhe.	Töne		Druckhöhe.	Töne	
	Höhe [1]).	Stärke.		Höhe.	Stärke.
m			m		
2,66	e_4	Sehr schwach	1,29	a_3^b	Schwach
2,57	e_4^b	Schwach	1,24	a_3^b	Stark
2,53	$e_4 +$	Stark	1,16	$g_3^\#$	Stark
2,50	e_4^b	Stark	1,09	$g_3^\#$	Schwach
2,47	$d_4^\#$	Schwach	1,075	$g_3^\#$ u. g_3	Sehr schwach
2,455	$d_4^\#$ u. d_4	Sehr schwach	1,06	g_3	Schwach
2,44	$d_4 +$	Schwach	1,00	$g_3 -$	Schwach
2,38	$d_4 +$	Stark	0,97	$g_3^b +$	Schwach
2,31	$d_4 +$	Schwach	0,94	$f_3^\#$	Stark
2,30	$d_4 -$ u. d_4	Sehr schwach	0,92	$f_3^\#$	Stark
2,29	$d_4 -$	Schwach	0,88	$f_3^\#$	Schwach
2,24	$d_4 -$	Stark	0,85	$f_3^\#$ u. e_3	Sehr schwach
2,17	$d_4 -$	Schwach	0,82	e_3	Schwach
2,14	d_4 u. d_4^b	Sehr schwach	0,75	$e_3 -$	Stark
2,12	d_4^b	Schwach	0,71	e_3^b	Stark
2,09	d_4^b	Stark	0,65	e_3^b	Schwach
2,02	d_4^b	Schwach	0,625	e_3^b u. $d_3^\#$	Sehr schwach
2,015	d_4^b u $c_4^\#$	Sehr schwach	0,60	$d_3^\#$	Schwach
1,99	$c_4^\#$	Schwach	0,575	$d_3^\#$ u. $c_3 +$	Sehr schwach
1,93	$c_4^\#$	Stark	0,55	c_3	Schwach
1,88	$c_4^\#$	Schwach	0,49	$c_3^b +$	Stark
1,855	$c_4^\#$ u. c_4	Sehr schwach	0,46	h_2	Stark
1,83	c_4	Schwach	0,43	h_2^b	Schwach
1,79	c_4	Stark	0,40	$a_2 +$	Sehr schwach
1,72	c_4	Schwach	0,36	$g_2^\# -$	Schwach
1,685	c_4 u h_3	Sehr schwach	0,32	g_2	Stark
1,65	h_3	Schwach	0,29	$g_2 -$	Stark
1,58	h_3	Stark	0,27	$f_2 +$	Schwach
1,51	h_3	Schwach	0,25	$f_2^\# +$	Stark
1,49	h_3 u. $a_3^\#$	Sehr schwach	0,20	d_2	Schwach
1,47	a_3	Schwach	0,15	$h_1^\#$	Sehr schwach
1,43	$a_3^\#$	Stark	0,12	unvernehmbar	Sehr schwach
1,37	$a_3^\#$	Stark			
1,33	$a_3^\#$	Schwach	0,10	Stille	
1,31	$a_3^\#$ u. a_3^b	Sehr schwach	0,05	Stille	

1) Der Bequemlichkeit des Druckes wegen sind bei der Bezeichnung der Tonhöhen die sonst üblichen Striche über den Buchstaben durch Indices ersetzt, und zwar so, dafs z. B c_4 (das viergestrichene c) dem französischen ut_6 entspricht. *P.*

Bemerk. Wenn man während der verschiedenen Phasen des Phänomens die Flüssigkeitsader aufmerksam betrachtet, so sieht man, daſs sie jedesmal, wenn der Ton ein Intensitätsmaximum erreicht, aufschwellt, und dagegen jedesmal, wenn er in seiner Intensität abnimmt, sich zusammenzieht. Im ersten Fall scheint die Ader sich zu öffnen, im zweiten zu schlieſsen.

Bei diesem Versuch sank der Ton fortwährend von der gröſsten bis zur kleinsten Druckhöhe; allein dieses Sinken geschah nicht allmälig, sondern im Allgemeinen sprungweise, so daſs die ganze Reihe der Töne gleichsam Bäuche bildete, für welchen jeden der Ton fast constant blieb, ausgenommen wenn die Druckhöhe sehr klein war. Diese Bäuche waren getrennt durch Knoten, wo der Ton, ohne gerade ganz zu verschwinden, viel weniger intensiv war und auf eine Art Geräusch zurückkam, welches anfangs keiner Analyse durch das Gehörorgan fähig schien, aber doch bei einiger Achtsamkeit erkennen lieſs, daſs es aus zwei Tönen bestand, einem dem oberen und einem dem unteren Bauche angehörigen Ton. Dieſs beweist, daſs die Knoten Punkte sind wo das, was den Vibrationszustand eines jeden Bruchs ausmacht, worin es auch bestehen mag, sich abändert um in das überzugehen, was den Vibrationszustand des unmittelbar darunterliegenden Bauches ausmacht.

Vergleicht man in obiger Tafel die Vibrationszahlen, welche jeder Druckhöhe zukommen, mit den Quadratwurzeln aus diesen Höhen, so ist leicht ersichtlich, daſs die ersteren *im Allgemeinen* proportional sind den letzteren oder der Ausfluſsgeschwindigkeit. Denn nimmt man z. B. die drei Druckhöhen 25, 100 und 225 Centim., deren Quadratwurzeln 5, 10 und 15 sich wie 1, 2, 3 verhalten, so muſs, dem eben angezeigten Gesetz zufolge, der Ton bei der zweiten Druckhöhe die höhere Octave, und der bei der dritten die höhere Duodecime von dem bei der ersten seyn; wirklich ist der erste Ton $g_2^{\flat}$ ($f^{\sharp}_2$ +), der zweite g_3 —, fast die Octave von $g_2^{\flat}$, und der dritte d_4 —, oder die obere Quinte von g_3; mithin bestätigt sich das Gesetz. Allein klar ist, daſs es nicht strenge genau für alle Drucke

seyn kann, weil der Ton in der ganzen Erstreckung eines jeden Bauches sehr nahe unveränderlich bleibt; dessungeachtet ist es unmöglich nicht anzunehmen, dafs es für die Gesammtheit der Erscheinung gültig sey.

Der allgemeine Einflufs der Druckhöhe auf die Anzahl der Vibrationen liefs sich leicht mit dem Apparat nachweisen, wenn man die Röhre während des Ausfliefsens unter verschiedenen Winkeln neigte. Wenn man z. B., nachdem die Ansatzröhre entstöpselt worden, die Röhre allmälig neigte bis sie fast horizontal war, ging der Ton rasch herab; wenn man dagegen die Röhre wieder aufrichtete, wurde er immer höher, und, was bemerkenswerth ist, die Intensitätsunterschiede waren dann unvergleichlich geringer als bei feststehender Röhre.

Leicht liefs sich der Ton constant machen, indem man die Röhre langsam aufrichtete, in dem Maafse, als sich das Niveau des Wassers darin senkte.

Das eben angezeigte Gesetz bestätigt sich für Ansätze und für Röhren von viel gröfserem Durchmesser, aber wohl verstanden, innerhalb der eben angegebenen Genauigkeitsgränzen. Es läfst sich aus allen Versuchen ableiten, welche wir späterhin anführen werden, wenn es sich darum handelt zu untersuchen, welche Rolle der Durchmesser der Ansatzröhre, der der Röhre u. s. w. spiele. Indefs da die längere oder kürzere Zeit, während die Röhre zum Entleeren gebraucht, viel Einflufs hat auf die Besonderheiten der Erscheinung, so ist es nöthig hier einen zweiten Versuch mitzutheilen, gemacht mit derselben Röhre und einer Ansatzröhre von gröfserem Durchmesser.

	Höhe.	Durchmesser.
Glasröhre	$2^{m},66$	$0^{m},011$
Ansatzröhre	$5^{mm},456$	$5^{mm},4$
	0 ,005456	

Tafel II.

Druck-höhe.	Töne Höhe.	Töne Stärke.	Druck-höhe.	Töne. Höhe.	Töne. Stärke.
m 2,66	c_3	Sehr schwach	1,35	f_2+	Schwach
2,53	c_3	Schwach	1,25	f_2+	Stark
2,45	$c_3{}^{\#}$	Sehr schwach	1,20	f_2+	Sehr stark
2,42	c_3	Aeufserst sch.	1,18	f_2 bis $f_2{}^{\#}$	Stark
1,90	$g_2{}^{\#}$	Schwach	1,08	$f_2{}^{\#}$	Schwach
1,82	$g_2{}^{\#}$	Stärker	1,05	Stille	
1,75	$a_2{}^{b}$	Stärker	0,90	Stille	
1,70	$g_2{}^{\#}$	Stark	0,85	$d_2{}^{b}$	Schwach
1,62	$a_2{}^{b}$	Sehr stark	0,80	$c_2{}^{\#}$	Stark
1,60	$a_2{}^{b}$	Stark	0,73	c_2-	Weniger stark
1,52	$a_2{}^{b}$	Weniger stark	0,65	$c_2{}^{\#}$	Schwach
1,50	Rauschen		0,57	d_2	Schwach
1,40	Rauschen		0,40	Unvernehmbar	
1,36	f_2+	Sehr schwach	0,25	Unvernehmbar	

Bemerkung. Im Augenblick, wo der Ton entstand, sah man die Wasserader merklich anschwellen, und wenn er sein Intensitätsmaximum erreichte, betrug ihr Durchmesser fast das Doppelte von dem, was er bei den Knoten war.

Beim zweiten und vierten Bauch war die Anschwellung viel stärker als beim ersten und vierten; auch war der Ton in den beiden ersten Fällen viel intensiver.

Mit der zweiten Ansatzröhre entleerte sich die Röhre in 47 Sekunden, während sie bei der ersten fast die siebenfache Zeit, 315", gebrauchte.

Im früheren Versuch, wo die Ansatzröhre nur 2mm,15 im Durchmesser hielt, waren funfzehn Tonbäuche vorhanden, in dem letzteren, wo die Ansatzröhre 5mm,4 Durchmesser hatte, gab es deren nur vier. Der erste erstreckte sich von der Druckhöhe 2mm,66 bis zu der von 2mm,42; von dieser bis zu der von 1mm,90 entstanden zeitweise hohe und tiefe Töne von solcher Schwäche und solcher kurzen Dauer, dafs man sie nicht erkennen konnte. Von 1mm,90 bis 1mm,52 gab es einen wahrhaften Tonbauch, ebenso von 1mm,38 bis 1mm,08 und von 0mm,85 bis 0mm,57; allein in den Zwischenräumen von einem Bauch zum andern hörte man hohe und schwache, unbestimmbare Töne, die bei mehren aufeinanderfolgenden Versuchen nicht immer dieselben wa-

ren. Jeder der Bäuche hatte das Eigenthümliche, dafs der Ton, nach Erreichung seines Intensitätsmaximums, immer noch etwas stieg, zuweilen um eine halbe Tonstufe. Dasselbe zeigt sich allemal, wenn das Gefäfs sich mit grofser Geschwindigkeit leert.

2. Einflufs des Durchmessers der Ansatzröhre.

In einer früheren Arbeit haben wir gezeigt, dafs wenn eine Flüssigkeit durch eine kreisrunde Oeffnung in dünner Wand (*paroi tranchante*) ausfliefst, an dieser Oeffnung Pulsationen entstehen, deren Anzahl proportional ist der Quadratwurzel aus der Druckhöhe und umgekehrt proportional dem Durchmesser der Oeffnungen.

Wie wir eben nachwiesen, ist auch bei kurzen Ansatzröhren die Anzahl der Vibrationen dem ersten dieser Gesetze unterworfen, und die folgenden Versuche werden zeigen, dafs sie es auch dem zweiten ist.

Diese Versuche wurden mit Ansatzröhren von verschiedenem Durchmesser, die successive einem selben Rohr von $1^{mm},70$ Höhe und 5 Centim. Durchmesser angefügt wurden. (Siehe Taf. III, S. 399.)

Diese Tafel zeigt, dafs die Anzahl der Tonbäuche desto geringer ist, als die Oeffnung gröfser ist. Sie erlaubt auch eine Bestätigung des vorhin aufgestellten Gesetzes, dafs die Schwingungsmengen im Allgemeinen als proportional der Quadratwurzel aus den Druckhöhen betrachtet werden können. In der That ergeben sich folgende Beziehungen.

Druckhöhen Centim.	Quadratwurzeln aus den Druckhöhen.	Verhältnisse.	Durchmesser der Ansatzröhre $2^{mm},15$ Töne	Schwingungsanzahl	Verhältnisse.	$5^{mm},5$ Töne.	Schwingungsanzahl.	Verhältnisse.
108	10,4	1,48	$g_3^{\#}$	3200	1,56	f_2	1365	1,48
70	8.4	1,20	d_3^{b}	2212	1,08	h_1	960	1,04
50	7,1	1,00	c_3 —	2048	1,00	h_1^{b}	921	1,00

Angelangt am Ziele dieses Abschnitts, nämlich der Vergleichung der Schwingungsmengen mit den Dimensionen

der Ansatzröhren, ziehen wir aus der Aufstellung der Versuche folgende Resultate:

Druckhöhe.	Durchmesser d. Ansatzröhre Verhältn. dies. Durchm.	2mm,15 1 ,00	4mm,65 2 ,16	5mm,40 2 ,51	9mm,30 4 ,32
1m,08	Verhältnisse der Schwingungsmengen.	4,50	2,00	1,92	1,00
0 ,70		4,32	2,00	1,88	1,00
0 ,50		4,27	2,13	1,94	1,00

woraus man sieht, dafs die Schwingungsmengen als im umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser der Ansatzröhren stehend betrachtet werden können.

Allein, wie schon bemerkt, kann offenbar dieses Gesetz, gleich dem vorhergehenden, nur als eine Annäherung betrachtet werden, und zwar wegen der Natur der Erscheinung selbst, weil der Ton nur durch jähe Sprünge von einer Stufe zur andern übergeht und er sogar nach jedem Intensitätsmaximum immer noch ein wenig steigt.

3. Einflufs der Höhe der Ansatzröhre.

Die Höhe der Ansatzröhre hat mehr Einflufs auf die Möglichkeit der Entstehung der Töne als auf den Grad derselben. Wenn z. B. die Höhe der Ansatzröhre das Doppelte des Durchmessers derselben übertrifft, kann man sagen, dafs die Tonbildung fast unmöglich sey; denn dann hört man nur schwache Geräusche und zwar im Allgemeinen bei kleinen Druckhöhen. Ebenso, wenn die Höhe der Ansatzröhre kleiner ist als die Hälfte des Durchmessers derselben, geschieht das Ausfliefsen nur in dünner Wand, und folglich sind keine Töne mehr möglich. Also nur zwischen ziemlich engen Gränzen ist es, wo die Schwingungsbewegung sich einstellen kann.

Die Tafel IV enthält eine Versuchsreihe, angestellt mit einem röhrenförmigen Behälter von 1m,70 Höhe und 5 Centimeter Durchmesser, dem successive Ansatzröhren von 5mm,4 Durchmesser und verschiedener Höhe angefügt wurden.

Diese Tafel enthält nur die mit sieben verschiedenen Ansatzröhren erhaltenen Resultate, allein aufserdem wurde

der Versuch angestellt mit: 1) Einer Ansatzröhre von demselben Durchmesser und einer Höhe von nur 2^{mm},726 d. h. einer Höhe, die fast der Hälfte des Durchmessers gleich war, 2) Einer Ansatzröhre von 10^{mm},9 Höhe, also fast dem Doppelten ihres Durchmessers. Im ersten Fall geschah das Ausfliefsen in dünner Wand, im zweiten gab es durchaus keinen Ton mehr. (Siehe Tafel IV, S. 400 u. 401).

Tafel III.

Durchmesser der Ansatzröhren

2^{mm},15.			4^{mm},65			5^{mm},4			9^{mm},3		
Druckhöhe	Töne		Druckhöhe	Töne		Druckhöhe	Töne		Druckhöhe	Töne	
	Höhe	Stärke		Höhe	Stärke		Höhe	Stärke		Höhe	Stärke
m						m					
1,65	h^3	sch.	m			1,70	g_2	sch.			
1,50	R.		1,50	a_2-	sch.						
1,455	$a_3^{\#}$	st.	1,41	a_2	st.	1,60	g_2+	s. st.	m		
1,375	R.		1,35	a_2+	st.	1,52	$g_2^{\#}-$	s. st.	1,45	$f_1^{\#}$	
1,285	a_3	st.	1,28	a_2+	w. st.				1,20	$f_1^{\#}$	
1,21	R.		1,20	R.		1,40	R.		1,10	$f_1^{\#}+$	
1,17	a_3^{b}	st.				1,38	St.				
1,12	R.					1,19	c_2	sch.			
1,08	$g_3^{\#}$	st.	1,08	$f_2^{\#}$	st.	1,10	f_2	s. st.	1,05	$f_1^{\#}$	s. st.
1,04	R					0,95	St.				
0,99	g_3^{i}	st.	0,97	$f_2^{\#}$	st.	0,80	c_2+	s. sch.	0,85	$f_1^{\#}$	s. sch.
			0,90	$f_2^{\#}+$	w. st.	0,70	h_1	sch,	0,65	c_1	s. sch.
0,85	R.					0,60	h_1	st.	0,55	h_0 od. c_1	sch.
						0,57	c_2	s. st.	(0,40	c_1	st.)
			0,75	R.		0,50	h_1^{b}	sch.			
0,70	d_3^{b}	st.	0,65	c_2-	sch.	0,45	St.				
0,60	R.		0,58	c_2	st.	0,40	f_2	st.			
0,49	c_3-					0,36	f_2+	s. st.			
0,45	R.		0,45	c_2+	sch.						
						0,30	f_2	sch.			
0,35	g_2	st.									
			0,30	R.							
0,26	g_2	s. st.				0,24	R.				
0,20	St.										

[Bedeutung der Abkürzungen: R., Rauschen (*bruissement*); St., Stille; sch., schwach; s. sch., sehr schwach; st., stark; s. st., sehr stark].

T a

Höhe der Ansatzröhren

3mm,626			4mm,21			4mm,816		
Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke
			m			m		
Ausfliefsen in dünner Wand, wenigstens wenn man nicht berührte			1,70	c_3	sch.	1,70	a_2	s. sch.
			1,65	c_3	s. sch.	1,60	a_2	s. sch.
	St.		1,56	St.		1,55	a_2	sch.
	St.		1,47	St.		1,50	a_2	sch.
	St.		1,46	$h_2^\flat$	s. sch.	1,45	a_2	st.
	St.		1,42	$h_2^\flat$	sch.	1,38	a_2	s. sch.
	St.		1,35	$h_2^\flat$	st.	1,35	R.	
	St.		1,28	$h_2^\flat +$	s. st.	1,30	R.	
	St.		1,25	$h_2^\flat +$	st.	1,25	St.	
	St.		1,20	h_2	sch.	1,20	g_2	s. sch.
	St.		1,17	St.		1,15	$g_2^\flat$	sch.
	St.		1,12	$a_2^\flat$	s. sch.	1,08	$g_2^\flat$	s. st.
	St.		1,06	$g_2^\sharp$	sch.	1,06	$g_2^\flat$	st.
m	St.		0,93	g_2	st.	0,90	$g_2^\flat$	s. sch.
0,85	a_2	s. sch.	0,90	$g_2^\flat$	sch.	0,85	R.	
0,80	a_2	st.	0,85	St.		0,80	$d_2^\sharp$	s. sch.
0,75	a_2	s. sch	0,70	c_2	s. sch.	0,65	$d_2^\sharp -$	sch.
0,65	St.		0,60	$c_2^\flat$	sch.	0,60	d_2	st.
0,57	f_2	s. sch.	0,54	d_2	st.	0,55	$d_2 -$	s. sch.
0,48	$d_2^\sharp$	sch.	0,50	$d_2 +$	sch.	0,40	St.	
0,45	$d_2^\sharp$	s. sch.	0,46	$d_2^\sharp$	s. sch.	0,35	$a_1^\sharp$	sch.
0,40	St.		0,40	St.		0,30	$a_1^\sharp$	s. sch.
						0,25	St.	
0,30	St.		0,30	ub.	s. sch.			
0,20	St.		0,20	ub.	s. sch.	0,20	R.	
0,15	St		Ausfliefsen in dünner Wand, wenigst. wenn man nicht berührt			0,15	$d_1^\flat$	s. sch.

[Abkürzungen: R., Rauschen; St., Stille; sch., schwach; st., stark; s. st., sehr stark; ub., unbestimmbar. — Bei einer Höhe der Ansatzröhre von

Diese Tafel zeigt 1) dafs die Anzahl der Schwingungsbäuche abnimmt, sobald die Höhe der Ansatzröhre gröfser oder kleiner ist als der Durchmesser derselben, 2) dafs bei immer geringeren Druckhöhen der Ton zum Vorschein kommt, sobald die Höhe der Ansatzröhre sich von der Gleichheit mit dem Durchmesser derselben in dem einen oder anderen Sinne entfernt.

Wir fügen hinzu, dafs in dem Falle der Gleichheit mit dem

fel IV.

Höhe der Ansatzröhren: 5mm,456			6mm,652			7mm,212		
Druckhöhe	Töne: Höhe	Töne: Stärke	Druckhöhe	Töne: Höhe	Töne: Stärke	Druckhöhe	Töne: Höhe	Töne: Stärke
m			m			m		
1,70	g_2 —	s. sch.	1,70	St.		1,70	St.	
1,60	g_2 —	sch.	1,60	St.		1,60	St.	
1,57	g_2	st.	1,55	St.		1,55	St.	
1,55	g_2	st.	1,50	St.		1,50	St.	
1,50	g_2	s. sch.	1,45	St.		1,45	St.	
1,42	St.					1,42	nb.	
1,40	R.		1,40	St.		1,40	St.	
1,35	St.					1,35	St.	
1,34	f_2	s. sch.	1,34	$e_2^{\flat}$	sch.	1,30	St.	
1,30	f_2	sch.	1,28	$e_2^{\flat}$	st.	1,25	St.	
1,20	f_2+	st.	1,23	$e_2^{\flat}$	st.	1,20	ub.	
1,10	f_2+	s. st.	1,12	c_3	s. sch.	1,10	St.	
1,08	f_2+	sch.				1,00	St.	
1,05	R.		1,05	c_3	s. sch.	0,90	St.	
0,83	c_2	s. sch.	0,85	St.		0,80	$a_1^{\#}$	s. sch.
0,75	c_2	sch.	0,79	$a_1^{\#}$	sch.			
0,70	c_2+	st.	0,76	$a_1^{\#}$	st.	0,73	$a_1^{\#}$	sch.
0,65	c_2+	s. st.	0,65	$a_1^{\#}$	sch.	0,65	$a_1^{\#}$	s. sch.
0,55	c_2+	st.	0,52	St.		0,55	St.	
0,53	c_2+	sch.	0,47	$e_2^{\flat}$	sch.	0,50	$d_1^{\#}$	s. sch.
0,42	R.		0,40	$e_2^{\flat}$	st.	0,43	$d_1^{\#}$	sch.
0,37	f_2	sch.	0,35	$e_2^{\flat}$	sch.	0,39	$d^{1\#}$	s. sch.
0,32	f_2—	st.				0,30	St.	
0,27	R.		0,25	St.				
0,23	a_1+	s. sch.						
0,20	a_1+	sch.	0,20	ub.	s. sch.	0,20	St.	
0,18	a_1+	s. sch.						
			0,15	St.		0,15	St.	

2mm,726 war es unmöglich einen Ton zu erhalten, wenn das Ausfließen in der Luft statthatte; es geschah wie aus dünner Wand.]

dem Durchmesser die Töne ihre gröfste Stärke zu erreichen fähig scheinen.

Was den Einflufs der Höhe auf die Anzahl der Schwingungen selbst betrifft, so ersieht man aus der Tafel, dafs diese Anzahl zunimmt in dem Maafse als die Ansatzröhre kürzer wird. Es wäre aber schwierig zu bestimmen, nach welchem Gesetz, weil, wenn die Höhe der Ansatzröhre sehr grofs oder sehr klein wird, die entstehenden Töne sehr

schwach sind, so dafs es also fast unmöglich ist, die Stufe derselben zu bestimmen. Man kann blofs sagen, dafs die Anzahl der Schwingungen sich von dem umgekehrten Verhältnifs der Höhe des Ansatzrohrs wenig zu entfernen scheint.

Da, wie schon gesagt, das vollstrahlige Ausfliefsen (*l'écoulement à gueule bée*) nicht mehr statthaben kann, sobald die Höhe der Ansatzröhre kleiner ist als die Hälfte des Durchmessers derselben, so ist über diese Gränze hinaus kein Ton mehr möglich; allein es liefse sich glauben, dafs wenn das Ausfliefsen, statt in Luft, in Wasser geschähe, doch noch ein Vibrationszustand sich einstellen könnte. Denn, wie wir in einer anderen Arbeit gezeigt haben, bemerkt man am Ursprung der Ader sehr energische Pulsationen, sobald das Ausfliefsen in Wasser geschieht, selbst bei einer kreisrunden Oeffnung in dünner Wand. In der That zeigt unser Versuch, dafs, sobald das Ausfliefsen in Wasser geschieht, äufserst kurze Ansatzröhren sehr intensive Töne erzeugen können, und dazu nur erforderlich ist, dafs die Höhe derselben nicht geringer als etwa ein Viertel ihres Durchmessers sey. Er zeigt überdiefs, dafs, noch weit über diesen Punkt hinaus, selbst wenn die Höhe nicht ein Zehntel des Durchmessers übersteigt, eine Tonbildung statt finden kann, so dafs blofs bei dem Ausfliefsen in dünner Wand der Ton unmöglich, oder vielmehr, wegen seiner Schwäche, für unsere Organe unvernehmbar ist; denn wir haben gezeigt, dafs dann noch der Ausflufs der Flüssigkeit mit einer periodisch veränderlichen Geschwindigkeit geschieht.

Die in vorstehender Tafel aufgeführten Versuche wurden alle solchergestalt wiederholt, dafs man die untere Ebene der Ansatzröhre (*le plan porte-ajutage*) in ein Abflufs-Gefäfs (*vase à déversoir*), worin also das Niveau constant blieb, 1 Centim. tief eintauchte. Bei den Ansatzröhren von $5^{mm},456$; $6^{mm},652$; $7^{mm},212$ und $7^{mm},944$ Höhe, also einer gröfseren Höhe als der Durchmesser, der $5^{mm},4$ betrug, hatte die Anwesenheit des neuen Mediums kein anderes Resultat als den Ton ein wenig zu erniedrigen, zu-

weilen um fast eine Viertelstufe, ein Umstand, der aus dem grofsen Widerstand des Mittels, in das die Ader einzudringen hatte, erklärlich ist. Mit der Ansatzröhre von $4^{mm},816$ Höhe beobachtete man noch keine bedeutende Abweichung von dem, welcher beim Ausflufs in der Luft entstand; allein mit Ansatzröhren von $4^{mm},21$ und $3^{mm},626$ zeigte sich der Einflufs des neuen Mittels ungemein hervorstechend; diefs erhellt aus der folgenden Tafel, welche die Resultate enthält, die mit einer selben Glasröhre von $1^{mm},70$ Höhe und $0^{mm},05$ Durchmesser erhalten wurden; die untere Oeffnung der Ansatzröhre dabei 1 Centimeter tief in Wasser getaucht.

Diese Tafel enthält überdiefs die Resultate von drei anderen noch kürzeren Ansatzröhren, mit welchen das Ausfliefsen durch dünne Wand in Luft geschah. Die Höhe der ersten betrug $2^{mm},726$, die der zweiten $1^{mm},55$ und die der dritten $1^{mm},12$. Alle drei sprachen noch sehr gut an, als sie in Wasser getaucht waren. Nur die Intensität der Töne nahm ab, in dem Maafse als die Höhe des Ansatzes kleiner war. Ein Ansatz von $0^{mm},53$ Höhe d. h. einer 10 Mal geringeren als der Durchmesser, liefs noch einen Ton hören, aber von ungemeiner Schwäche, sobald die Druckhöhe etwa $0^{m},40$ betrug. Es war unmöglich, die Tonstufe desselben zu bestimmen.

Bei Ansatzröhren, deren Höhe geringer ist als der Durchmesser, geschieht es zuweilen, dafs man bei mehrmaliger Wiederholung eines und desselben Versuchs verschiedene Resultate bekommt. Eine sehr häufige Veränderung ist die Senkung oder Hebung des Tons um eine ganze Octave. Wie es scheint haben dann die flüssigen Fäden nicht mehr die Stabilität in der Richtung wie bei längeren Ansatzröhren. Aus diesem Grunde ziehen wir aus den in der folgenden Tafel enthaltenen Versuchen keine andere Folgerung als die: dafs beim Ausfliefsen in ein und dasselbe Mittel der Schallschwingungszustand existiren kann von Oeffnungen in dünner Wand ab bis zu Ansatzröhren, deren Höhe nicht das Doppelte des Durchmessers übersteigt.

Es ist zu bemerken, dafs sehr kurze Ansatzröhren eine äufserst genaue Anfertigung verlangen; der geringste Bart (*bavure*), die leiseste Mifsstaltung an den Kanten der Oeff-

Tafel V. ***Einflufs der Höhe der Durchmesser der Ansatzröhre*** **5^{mm},4.** ***Höhe***

Höhe der Ansatzröhren

1^{mm},12			1^{mm},550			2^{mm},726		
Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke
m			m			m		
1,70	St.		1,70	g_2	sch.	1,70	c_2	sch.
1,60	St.		1,65	g_2+	s. sch.	1,60	c_2	sch.
1,50	St.		1,60	St.		1,48	e_2	st.
1,40	St.		1,54	d_2	s. sch.	1,40	St.	
1,35	d_2#	s. sch.	1,40	d_2	sch.	1,37	d_1#	sch.
1,32	d_2#	s. sch.	1,30	d_2#	st.	1,27	e_1♭ —	s. st.
1,23	e_2♭	sch.	1,26	e_2♭	s. st.	1,17	e_1♭	st.
1,18	f_2	s. st.	1,20	e_2	st.	1,04	f_1	w. st.
1,11	f_2-	w. st.	1,12	c_2#—	sch.	0,98	f_1#	m. st.
1,07	f_2+	s. st.	1,00	f_2	s. sch.	0,93	R	
1,00	f_2#	sch.	0,94	f_2#	u. sch.	0,80	a_2#	sch.
0,98	f_2#	s. sch.	0,90	St.		0,72	a_2#	m. st.
0,97	St.		0,88	a_1#	s. sch.	0,61	R.	
0,90	St.		0,70	h_1-	sch.	0,50	R.	
0,85	St.		0,60	c_2	st.	0,41	f_2#	sch.
0,80	h_1	s. sch.	0,51	c_2#	sch.	0,30	R.	
0,75	h_1	sch	0,40	d_2	s. sch	0,20	R.	
0,67	c_2-	st.	0,35	St.		0,10	R.	
0,60	d_2♭	s. st.		St.				
0,55	d_2	w. st.		St.				
0,50	d_2#	s. st.	An den Punkten, wo der Ton am stärksten ist, sinkt er zuweilen um eine Octave					
0,45	e_2♭	sch.						
0,41	e_2♭	s. sch.						
0,35	St.							
	St.							
	St.							

[Abkürzungen: w. st., weniger stark; m. st., stärker;

nung ist genügend die Entstehung des Tons zu hindern. Die Construction dieser Ansatzröhren hat mir viele Sorgfalt gekostet.

Ansatzröhre. — Ausflufs in Wasser.
der Glasröhre **1^{m},70.** ***Durchmesser*** **0^{m},05.**

Höhe der Ansatzröhren

3^{mm},626			3^{mm},626 [1]			4^{mm},21			4^{mm},21		
Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke
			m			m			m		
1,70	c_1	sch.	1,70	$c_1\ c_3$	s. sch.	1,70	St.		1,70	St.	s. sch.
1,55	c_1+	st.	1,50	$d_1\ d_3$	sch.	1,53	c_1	sch.	1,60	a_2	sch.
1,48	$c_1^{\#}$	st.	1,41	d_1	st.	1,40	$c_1^{\#}$	st.	1,50		st.
1,42	d_1	s. st.	1,37	d_1	sch.	1,33	d_1	sch.	1,45	a^2+	s. st.
1,33	d_1+	st.	1,30	d_1	s. sch.	1,20	R.		1,41	a_2+	sch.
1,28	$d_1^{\#}$	st.	1,28	R.		1,12	$f_1^{\#}$	sch.	1,38	$a_2^{\#}$	s. sch.
1,17	$e_1^{\flat}$	sch.	1,26	$h_2^{\flat}$	s. sch.	1,05	$g_2^{\flat}$	w. sch.	1,37	$h_2^{\flat}$	
1,10	$e_1^{\flat}-$	s. sch.	1,22	h_2	sch.	1,00	$g_2^{\flat}$	st.	1,35	R.	
1,07	St.		1,14	h_2	st.	0,85	$g_2^{\flat}$	sch.	1,20	R.	
0,92	g_2	sch.	1,12	h_2	s sch.	0,80	St.		1,12	R.	
0,77	St.		1,10	R.		0,70	d_2+	sch.	1,10	$f_2^{\#}$	sch.
0,60	d_2	s. sch.	1,00	g_2	sch.	0,63	d_2	sch.	0,98	g_2	s. st.
0,58	d_2	sch.	0,90	g_2	st.	0,52	d_2	sch.	0,92	g^2+	sch.
0,48	d_2+	m. st.	0,85	g_2-	sch.	0,50	St.		0,85	R.	
0,46	$d_2^{\#}$	st.	0,80	g_2	s. sch.	0,30	R.		0,68	c_2	sch.
0,35	$d_2^{\#}$	sch.	0,75	R.					0,58	$c_2^{\#}$	st.
0,27	$d_2^{\#}$	s. sch.	0,68	R.					0,50	d_2	sch.
0,25	St.		0,65	d_2-	s. sch.				0,46	d_2	s. sch.
			0,55	d_2	sch.				0,44	St.	
			0,47	$e_2^{\flat}$	s. sch.				0,36	St.	
			0,45	R.					0,35	u.	
			0,32	$a_3^{\#}$	s. sch.				0,28	u.	u. sch.
			0,25	St.					0,25	St.	u. sch.
				St.						St.	
										St.	

Man erhält bald das eine, bald das andere der beiden Resultate

u. sch, ungemein schwach. Die übrigen wie vorhin.]

1) Identisch dieselbe Ansatzröhre wie beim vorherigen Versuch.

4. Einflufs des Durchmessers der Behälter-Röhre.

Um den Einflufs der Behälter-Röhre zu studiren, bediente ich mich einer einzigen Ansatzröhre, deren Durchmesser, gleich der Höhe, $2^{mm},25$ betrug, und successive an eine Röhre von verschiedenen Durchmessern angesetzt wurde. Die erhaltenen Resultate finden sich in der Taf. VI.

Aus dieser Tafel geht hervor, dafs die Anzahl der Schwingungen nicht merklich durch den Durchmesser der Röhre abgeändert wird, allein dafs dieser Durchmesser auf die Anzahl der Bäuche einen Einflufs ausübt, der desto gröfser ist, als der Röhrendurchmesser selber gröfser ist oder das Gefäfs sich langsamer leert. Bei einer Ansatzröhre von $12^{mm},6$ Durchmesser an einer Röhre von $1^{m},69$ Länge und $0^{m},052$ Durchmesser zeigte sich z. B. nur ein einziger Bauch, dessen Intensitätsmaximum der Druckhöhe $1^{m},48$ entsprach und den Ton $d_{,} +$ oder $d_{,}^{\#}$ gab.

Gehen wir jetzt zur Untersuchung der Erscheinungen über, welche cylindrische Ansätze darbieten, bei Anfügung an Röhren, die an Gefäfsen von weit gröfserem Durchmesser, worin das Niveau entweder constant oder nicht constant erhalten wird, befestigt sind.

Bestimmt man bei einer gegebenen Röhre und gegebenen Ansatzröhre die Lage der Intensitätsmaxima des Tons, verkürzt darauf diese Röhre solchergestalt, dafs wenn man sie senkrecht am Boden und in der Mitte eines weiteren Gefäfses befestigt, die Druckhöhe eine von denen sey, welche diese Intensitätsmaxima gaben, so entsteht noch der Ton, und, wenn das Niveau constant gehalten wird, erlangt er eine äufserst merkwürdige Stärke.

Glasröhren von 62 Centim. Länge und einem Durchmesser, der von 17 bis 63 Millim. ging, wurden nach einander an einem und demselben Holzkübel befestigt, der oben 46,5 und unten 38 Centim. im Durchmesser hielt. Die mit der Ansatzröhre von $2^{mm},15$ erhaltenen Töne waren dieselben wie in Tafel I bei den Druckhöhen $1^{m},10$,

$0^m,95$ und $0^m,65$. Bei der ersten Druckhöhe erhielt man den Ton $g_3{}^{\#}$, bei der zweiten $f_3{}^{\#}$ und bei der dritten $d_3{}^{\#}$, welcher sehr wenig von $e_3{}^{b}$ abweicht; alles bei jeglichem Durchmesser der Röhre.

Ein Ansatz von $5^{mm},4$ an einer Glasröhre von $0^m,05$ Durchmesser und $1^m,23$ Höhe, die in der Mitte des ebenen und kreisrunden Bodens eines grofsen Kupfergefäfses von $0^m,68$ Durchmesser und $0^m,12$ Höhe befestigt war, gab ebenso, bei den Druckhöhen $1^m,23$ und $1^m,26$ den Ton f_2+ ungemein stark, und dieser Ton ist genau derselbe, wie im Fall die Ansatzröhre an eine blofse Glasröhre von demselben Durchmesser safs, wie man aus der Tafel II ersehen kann.

Tafel VI. ***Einfluſs des***

Durchmesser der Ansatzröhre **$2^{mm}15$;**

Höhe der Röhre $1^m,20$ Durchmesser derselb. $0^m,03$			Höhe der Röhre $1^m,70$ Durchmesser ders. $0^m,05$		
Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke
			m		
			1,65	h_3	sch.
			1,50	R.	
			1,455	a_3#	st.
			1,375	R.	
			1,285	a_3	st.
m			1,21	R.	
1,165	a_3	st.	1,17	$a_3{}^b$	st.
			1,12	R.	
			1,08	g_3#	st.
1,05	R.		1,04	R.	
			0,99	$g_3{}^b$	st.
0,94	$g_3{}^b$ +	st.			
			0,85	R.	
0,77	R.				
0,675	d_3#	st.	0,70	$d_3{}^b$	st.
			0,60	R.	
0,50	R.				
			0,49	c_3—	
0,43	$h_2{}^b$	st.	0,45	R.	
			0,35	g_2	st.
0,25	St.		0,26	g_2	s. st.
0,19	d_2	st.	0,20	St	
0,11	g_1	sch.			
0,09	St.				

[Abkürzungen: z. st., ziemlich stark

Durchmessers der Behälter-Röhre.

Höhe der Ansatzröhre 2mm,15.

Höhe der Röhre 1m,67 Durchmesser 0m,85			Höhe der Röhre 0m,775 Durchmesser 0m,165			Dieselbe Röhre wie zuvor		
Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke	Druckhöhe	Töne Höhe	Töne Stärke
m			m			m		
1,67	R.		0,775	d_3+	sch.	0,775	$d_3^{\sharp}$	s. sch.
1,50	a_1 u. a_2	sch.	0,68	d_3	sch.	0,75	$d_3^{\sharp}-$	sch.
1,40	a_3	sch.	0,65	d_3-	sch.	0,70	d_3	sch.
1,35	a_3	st.	0,60	c_3+	sch.	0,65	$d_3^{\flat}$	sch.
1,30	R.		0,55	c_3-	sch.	0,60	$c_3^{\sharp}$	sch.
1,20	$a_3^{\flat}$	z. st.	0,50	h_2	sch.	0,55	c_3	w. sch.
1,15	R.		0,45	$a_2^{\sharp}$	sch.	0,50	h_2-	st.
1,10	$a_3^{\sharp}$	z. st.	0,40	$a_2^{\flat}$	sch.	0,45	$a_2^{\sharp}$	sch.
1,06	R.		0,36	$a_2^{\flat}$	sch.	0,40	$a_2^{\sharp}$	sch.
1,02	a_3	sch.	0,35	g_2	st.	0,35	g_2	w. sch.
1,00	a_3	st.	0,30	f_2	sch.	0,30	$f_2^{\sharp}$	w. sch.
0,95	$f_3^{\sharp}$	w. st.	0,28	f_2+	st.	0,25	$d_2^{\sharp}$	sch.
0,87	R.		0,25	e_2-	sch.	0,20	$d_2^{\flat}$	m. sch.
0,85	e_3	sch.	0,20	$d_2^{\flat}$	sch.	0,15	$a_1^{\sharp}$	s. sch.
0,80	e_3	w. sch.	0,18	c_2	sch.			
0,75	R.		0,15	$a_1^{\sharp}$	s. sch.			
0,72	$d_3^{\sharp}$	sch.						
0,70	$d_3^{\sharp}-$	m. st.						
0,60	$d_3^{\flat}$	s. st.						
0,55	c_3	w. st.						
0,49	c_3	s. sch.						
0,45	R.							
0,42	a_2	s. sch.						
0,40	a_2	s. st.						
0,38	St.							
0,35	g_2	s. sch.						
0,32	g_2	s. st.						
0,28	g_2	m. sch.						
0,27	St.							
0,25	e_2	sch.						
0,22	e_2	st.						
0,18	$c_2^{\sharp}$	w. st.						
0,15	h_1	sch.						
0,12	St.							

Die übrigen wie vorhin.]

Allein als dieser Versuch mit Ansatzröhren von gröfserem Durchmesser angestellt wurde, während im Uebrigen die Apparate die eben beschriebene Einrichtung behielten, war zwischen den Tönen, die beim Ausflufs durch ein Rohr von überall gleichem Durchmesser entstanden, und denen, die beim Ausflufs durch ein an ein engeres oder weiteres Gefäfs angesetztes Rohr erzeugt wurden, keine Uebereinstimmung mehr vorhanden.

Diese Uebereinstimmung wird auch zerstört, wenn die Höhe der Glasröhre in Bezug auf die des darüber befindlichen Gefäfses nicht beträchtlich ist, was offenbar beweist, dafs die Anzahl der Schwingungen an der Mündung nicht alleinig von dem abhängt, was an der Mündung selbst vorgeht, sondern auch, wenigstens zum Theil, von den Bewegungen der Flüssigkeiten in der Röhre. Diese Bewegungen müssen nun beim Uebergange der Flüssigkeit aus einem weiteren in ein engeres Gefäfs sehr bedeutend abgeändert werden, denn es mufs sich an der oberen Gränze der Röhre eine Contraction bilden, die nothwendig auf die Geschwindigkeit der Flüssigkeit einwirkt, so dafs der Vorgang ein solcher ist, wie wenn sich die Druckhöhe geändert hätte.

Dem oben beschriebenen Kupfergefäfs fügte man eine Glasröhre an, die eine Ansatzröhre von $4^{mm},65$ Durchmesser und Höhe trug. Die gesammte Druckhöhe war $1^{m},06$. Verengte man die obere Mündung der Röhre durch eine auf den Boden des Gefäfses gelegte Scheibe, so sank der Ton, anfangs wenig, allein viel, so wie die Scheibe die Hälfte der Mündung bedeckte. Diese Senkung hängt offenbar davon ab, dafs sich die Ausflufsgeschwindigkeit verringert.

Mit den Apparaten von der eben beschriebenen Einrichtung erlangt der Ton eine sehr grofse Intensität und eine Art sehr merkwürdiger Schärfe *(mordant)*, vor allem wenn das Niveau in dem Gefäfse, welchem die den Ansatz tragende Röhre angefügt ist, constant erhalten wird. Die hier in Rede stehenden Versuche wurden mit Ansatzröhren von

$1^{mm},25$ bis $12^{mm},60$ Durchmesser wiederholt und alle gaben beständig dasselbe Resultat [1]).

Versuche mit Lockpfeifen (*appeaux*).

1. Die Lockpfeifen ertönen sowohl in Wasser mit Wasser, als in Luft mit Luft, als auch in Luft mit Wasser; aber sie sprechen nur bei gewissen Druckhöhen an.

2. Wenn man dem cylindrischen Theil einer gewöhnlichen Lockpfeife eine Eprouvette aufügt, so zeigt sie einen negativen Druck an, der zwar, besonders bei den tieferen Tönen, sehr schwach ist, aber doch für die höheren Töne mehrere Millimeter beträgt.

3. Es wurde ein Apparat zusammengesetzt aus dem Kübel, dessen Dimensionen vorhin angegeben sind, und einer Glasröhre von 62 Centim. Länge und 25 Millimeter Durchmesser.

Höhe der Röhre zwischen den beiden Scheiben der Lockpfeife $7^{mm},75$; Durchmesser $19^{mm},25$. Höhe der oberen Mündung $1^{mm},3$; Höhe der unteren $6^{mm},15$; Durchmesser beider $4^{mm},65$.

Wenn das Ausfliefsen in Luft geschieht, entsteht bei der vollen Druckhöhe, die $1^{m},10$ beträgt, ein sehr starker Ton, nämlich h_0^b und h_1^b oder h_2^b. Derselbe sinkt, wenn die Druckhöhe abnimmt.

Bei der Druckhöhe von 86 Centimet. entsteht der Ton f_2, welcher vorwaltet, und ein tiefer Ton, der unbestimmbar ist. Unterhalb dieser Druckhöhe wird der Ton unrein

1) Hier endet der erste, noch von ihm selbst in Ordnung gebrachte Theil der Untersuchungen meines Bruders. Er bildet den ersten Paragraphen der Arbeit, die er unternommen hatte. Es blieben noch drei Paragraphen zu behandeln und ohne Zweifel hatte er die nöthigen Versuche dazu angestellt oder entworfen; allein ich habe in den von ihm hinterlassenen Papieren nur wenige Bemerkungen in Bezug auf diesen Gegenstand vorgefunden. Ich werde diese Bemerkungen hier geben, weil sie schätzbare Thatsachen enthalten; aber ich halte es für sehr schwierig, daraus unmittelbare Schlüsse zu ziehen.

N. Savart.

und intermittirend; immer hört man abwechselnd einen tiefen und einen hohen Ton, der tiefe Ton ist a_1^b bei der Druckhöhe von 66 Centim. Es sammelt sich immer Luft in der Höhlung, die man durch plötzliches Verschliefsen der Mündung fortschafft.

Kehrt man die Lockpfeife um, so giebt sie anfangs nur einen dumpfen, ungewissen, tiefen Ton, gleichsam ein Brodeln (*bouillonnement*); allein bei 66 Centimet. Druckhöhe giebt sie den Ton h_1^b rein, und fährt bei den schwächsten Druckhöhen fort in der Röhre zu ertönen. — Bei seiner ersten Einrichtung liefert der Apparat schöne Töne mit der Luft.

4. Einflufs der Zwischen-Röhre *c* (*tube entre-plaque*). — Platten von gleicher Dicke. Durchmesser beider Mündungen 4^{mm},55, Höhe der Zwischenröhre 6^{mm},4; Durchmesser 20 Millimeter.

Bei der ganzen Druckhöhe erhielt man den Ton g_2^b oder g_1^b, eher g_2^b. Der Ton hatte einen eigenthümlichen Klang, ähnlich dem der Stimme. Bei der Druckhöhe von 87 Centim. hörte man zwei Töne, g_2^b und f_2; dann bei fortwährend abnehmender Druckhöhe ward der Ton schwächer und verschwand fast ganz. Bei etwa 40 Centim. Druckhöhe erschien ein tieferer Ton, bei 20 Centim. etwa ein anderer. Die Erscheinungen waren dieselben wie bei einfacher Mündung.

5. Mit demselben Apparat wurde ein anderer Versuch gemacht, nur war die Höhe der Zwischenplatte gröfser, gleich 30^{mm},7. Man erhielt keinen Ton, aber der Apparat ertönte mit Luft.

6. Höhe von *c* (der Zwischenröhre) 5^{mm},4. — Bei der ganzen Druckhöhe erhielt man g_2 ziemlich stark; der Ton g_2^b war einen Augenblick hörbar, und bald darauf verschwand g_2. Der Ton g_2^b war stärker als g_2. Bei 94 Centim. Druckhöhe verschwand der Ton, dann ward er bei 70 Centim. Druckhöhe heiser, zwischen f_2 und $f_2^\#$. Bei 10 Centim. etwa war der Ton sehr tief in der Röhre. — Der Apparat ertönt in Luft und in Wasser.

7. Die untere Platte ward ersetzt durch eine andere mit einer Oeffnung in dünner Wand von etwas gröfserem Durchmesser als die obere Oeffnung.

Bei der ganzen Druckhöhe erschien $g_2{}^b$ intermittirend, ziemlich stark, sobald der Ausflufs in Luft geschah; in Wasser war der Ton sehr gut und continuirlich. Der Wasserstrahl war offenbar aus kleinen Tropfen zusammengesetzt. Die Intermittenzen waren um so länger als die Druckhöhe abnahm.

Bei 76 Centim. war der Ton in Luft continuirlich, aber er schwächte sich und ward $f_2{}^{\#}$. Bei 70 Centim. war fast kein Ton da.

Man kehrte nun den Apparat um, so dafs die Oeffnung in dünner Wand oben war. Man erhielt ein sehr starkes Brodeln. Der Ton war bei keiner Druckhöhe rein. Der Apparat ertönte mit Luft.

8. Man verfertigte einen neuen Apparat der Art mit der gröfsten Sorgfalt. Höhe der Röhre c 6^{mm},4; Durchmesser 20 Millim. Die Oeffnung in dünner Wand war unten angebracht. Der Durchmesser beider Oeffnungen betrug 4^{mm},75; sie waren vollkommen gleich. Brodeln; kein reiner Ton, ausgenommen im Augenblick wo das Niveau des Wassers durch das Ende der Röhre ging.

Man kehrte den Apparat um, so dafs die Oeffnung in dünner Wand nach oben kam. Kein Ton, nicht mal ein Brodeln. Bei der Druckhöhe von 80 Centim. entstand indefs der Ton g_2 — sehr stark und sehr rein.

Man begann wiederum. Anfangs kein Ton, dann Brodeln, das nach und nach abnahm und dem Ton $a_2{}^b$ Platz machte; anfangs bei 82 Centim. Druckhöhe war dieser zitternd, dann, bei 73,5 Centim. Druckhöhe sehr rein und sehr stark, worauf er auf $g_2{}^b$ herabsank. Der Ton erhielt sich bis der Wasserspiegel durch das Ende der Röhre ging, dann ward er allmälig schwächer und tiefer.

9. Statt der Röhre c wurde eine weniger hohe, von 5^{mm},4, genommen. Der Ton entstand bei jeder Druckhöhe; er war $a_2{}^{\#}$. — Man berührte die Oeffnung mit dem

Finger; der Ton änderte sich; es entwich Luft und man erhielt f_2 mit Brodeln. Dann sprach sie sehr gut an, wenn man die Mündung zum Theil verschlofs, und er vertiefte sich um so mehr als man die Mündung verengte. — Es entstand ein Ton beim Eintritt, in der Glasröhre, und der Ton vertiefte sich immer mit der Druckhöhe.

Man kehrte die Lockpfeife um, so dafs die Oeffnung in dünner Wand nach unten kam. Der Ton war stark, sehr stark und rein bei der vollen Druckhöhe von $1^m,10$; darauf berührte man die Oeffnung mit dem Finger. Der Ton war $g_2{}^b$.

Bei 90 Centim. Druckhöhe schwächte sich der Ton und es gab nur Brodeln. Dann hörte man zwei Töne, $f_2{}^{\#}$ und $a_1{}^{\#}-$; die Druckhöhe war nun 88,5 Centim. Der Ton $a_1{}^{\#}-$, zu $a+$ geworden, erhielt sich bis zur Druckhöhe von 82 Centim.; dann verschwand er fast ganz, wie der Ton $a+$; es war nur noch ein Brodeln da.

10. Statt der Röhre von 25 Millim. Durchmesser und 62 Centim. Länge nahm man eine von gleichem Durchmesser und 34,5 Centim. Höhe; sonst blieb der Apparat unverändert.

$h_1{}^{\#}$ sehr gut, allmälig sich vertiefend. Die Druckhöhe anfangs 54,5 Centim. Der Ton ward schwächer und verschwand bei 38,5 Centim. Druckhöhe; dann war er h_1+.

Man nahm eine noch kürzere Röhre von gleichem Durchmesser. Bei der ganzen Druckhöhe, die 54 Centim. betrug, war der Ton $h_1{}^{\#}$.

Mit noch kürzerer Röhre von gleichem Durchmesser erhielt man keinen Ton, es wäre denn einen sehr dumpfen. Gegen Ende der Druckhöhe vernahm man f_0 ziemlich rund: bei etwa 15 Centim. Druckhöhe war er in seiner Stärke. Bei der vollen Druckhöhe hatte der Apparat den Ton $g_1{}^{\#}$ gegeben, welcher bald darauf verschwand.

Bemerk. des Hrn. N. Savart. — Die Abhandlung meines Bruders sollte aus vier Theilen bestehen. Der eben mitgetheilte ist der erste und dieser ist vollständig. Die

Data zur Ausarbeitung der übrigen drei fehlen bis auf einige Versuche, deren Resultate und Folgerungen am Ende des dritten Theils Platz gefunden haben würden.

III. *Ueber die Faraday'sche Theorie der magnetischen Kraftlinien; von Re van Rees.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam Bd. I.)

Neben den beiden üblichen Hypothesen zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen ist in jüngster Zeit von Faraday eine neue Ansicht über das Wesen des Magnetismus aufgestellt worden. Den magnetischen Flüssigkeiten Coulomb's und den Molecularströmen Ampère's gleich abgeneigt, nimmt Faraday *Linien magnetischer Kraft*, die jeden magnetischen Körper umgeben, zur Grundlage seiner Theorie. Mit dem Namen Linien magnetischer Kraft bezeichnet er die Linien, welche eine kleine Magnetnadel beschreibt, wenn man sie so fortbewegt, dafs ihre Richtung fortwährend die Tangente zur Bewegungslinie bleibt. Die seit lange bekannten auf einem über einen Magnet gehaltenen Kartenblatt erzeugten Figuren von Eisenfeilicht, stellen die magnetischen Kraftlinien in der Ebene des Blattes anschaulich vor. Nicht nur die Richtung, sondern auch die Intensität der magnetischen Kraft wird nach Faraday durch diese Linien angezeigt. Er meint, dafs man die Erklärung der magnetischen Erscheinungen an sie anknüpfen müsse; auch verhehlt er nicht, dafs er eine unmittelbare Wirkung in die Ferne, die in den früheren Hypothesen angenommen wird, für unwahrscheinlich halte, vielmehr geneigt sey, sich die Magnetkraft vorzustellen, als fortgepflanzt durch irgend ein Medium, wie das Licht und die strahlende Wärme, in welchem Falle die magnetischen Kraftlinien als

die Richtungslinien der Fortpflanzung betrachtet werden können.

Im vorigen Jahre erschien als Fortsetzung der Experimentaluntersuchungen über Elektricität, welche wir diesem unermüdeten Gelehrten verdanken, eine ausführliche Abhandlung über diesen Gegenstand. Er stellt sich darin die Aufgabe, seine Auffassung des Magnetismus einer weiteren experimentellen Prüfung zu unterwerfen [1]).

Die magnetischen Kraftlinien können erkannt werden, entweder durch ihre Wirkung auf die Magnetnadel, oder durch den Inductionsstrom, den sie in einem, quer hindurchgelegten Metalldrahte erregen. Faraday benutzt dieses zweite Mittel, als mehr allgemein anwendbar und mehr geeignet, um zu neuen Resultaten zu führen. Auf diesem Wege gelangt er zu experimentellen Schlüssen über die Eigenschaften der Kraftlinien, deren Uebereinstimmung mit seiner theoretischen Ansicht ihm derselben den Vorrang zu sichern scheint, welchen er ihr zuerkennt.

Damit ein richtiges Urtheil über den relativen Werth dieser neuen Theorie gefällt werden könne, ist vor Allem zu untersuchen nöthig, ob die Versuche Faraday's mit den früheren Theorien im Streite seyen. Nur wenn dieses stattfindet, kann seine neue Arbeit als Beweis gegen sie angeführt werden. Nun hat aber W. Weber schon vor mehreren Jahren in der Hypothese der magnetischen Flüssigkeiten das Grundgesetz der Magneto-Induction in mathematischer Form aufgestellt. Ich beabsichtige in diesem Aufsatze zu untersuchen, in wiefern das Weber'sche Gesetz mit den Experimenten Faraday's in Einklang stehe, beschränke mich jedoch der Kürze wegen auf die zwei wichtigsten Versuchsreihen (Art. 3084 bis 3099 und 3192 bis 3202), was um so mehr erlaubt seyn wird, als Faraday seine

1) *Philosoph. transact.* 1852 *p.* 25 u. 137. Im Auszuge in diesen Annalen Ergänzungsbd. III. 535, 542. In einer spätern Abhandlung entwickelt Faraday, *Phil. Magaz.* (4) III. die Gründe für die *physische* Existenz der Kraftlinien.

seine Schlüsse hinsichtlich der Eigenschaften der Kraftlinien vorzüglich auf diese Reihen gegründet hat. Später wird sich zeigen, dafs auch diese Schlüsse unmittelbar aus dem Grundgesetze der Induction abgeleitet werden können.

Der Apparat, womit die Versuche der ersten Reihe angestellt wurden, bestand aus einem, um seine Axe drehbaren Magnete und einem Metalldrahte (dem inducirten Drahte) der gleichfalls, entweder ganz oder zum Theil, um die nämliche Axe drehbar war, und dessen Enden in der Nähe der verlängerten Axe mit einem Galvanometer in Verbindung standen. Damit ein Theil des Drahtes längs der Axe fortgeführt werden könne, war der Magnet aus zwei schmalen, in geringer Entfernung neben einander gelegten Magnetstäben zusammengesetzt. Für das weitere Detail der Beobachtungen verweise ich auf die Original-Abhandlung.

Bei aufmerksamer Betrachtung der in dieser Reihe enthaltenen Versuche erhellt, dafs ihre Resultate in wenigen Sätzen zusammengefafst werden können, besonders wenn man beachtet, dafs die inducirende Kraft eines Magneten auf einen Draht nur von deren *relativer* Bewegung abhängt, weshalb es ganz einerlei ist, ob der Draht sich in einer Richtung oder der Magnet in entgegengesetzter Richtung bewegt, so aber, dafs die relative Bewegung in beiden Fällen die nämliche wird. Dieses Princip, wozu alle früheren Untersuchungen über Induction leiten, wird aufs Neue durch die Faraday'schen Experimente, z. B. Art. 3091 bis 3097, erhärtet. Eine unmittelbare Folge ist, dafs, wenn Draht und Magnet zugleich um dieselbe Axe rotiren, kein Inductionsstrom entsteht (3092 bis 3093). Weiter kann man, kraft dieses Princips, wenn der Magnet allein gedreht wird, diesen als in Ruhe betrachten, und die Bewegung im entgegengesetzten Sinne dem Drahte zuerkennen. Würde der Magnet mit einem Theile des Drahts bewegt, so ist es der übrige Theil des Drahtes, dem die Bewegung zugeschrieben werden kann. Die Sätze, die dann aus den

Faraday'schen Versuchen abgeleitet werden können, sind die folgenden:

1. Bei der Umdrehung eines geschlossenen Drahtes um die Axe eines Magnets entsteht kein Inductionsstrom (3094).

2. Ebenso wenig entsteht ein Strom, wenn nur ein in der Axe des Magnets gelegener Theil des Drahts rundgeführt wird, während der übrige Theil ruht (3095 bis 3096).

3. Wenn ein, von einem Punkte auf der verlängerten Axe des Magnets bis zu dessen Oberfläche in der Aequatorial-Ebene sich erstreckender, Theil des Drahtes um die Axe rotirt, wird in dem Drahte ein Strom erregt (3097 bis 3098).

4. Die Stärke dieses Stromes ist nur abhängig von der Lage des Anfangs- und Endpunktes des bewegten Theils, dagegen unabhängig von dessen Lage und Form (3099 bis 3107).

Wir werden jetzt das Weber'sche Grundgesetz der Magneto-Induction auf den hier vorliegenden Fall anzuwenden trachten.

Es sey μ eine magnetische Masse in einem Punkte angehäuft und entweder positiv oder negativ, je nachdem sie aus dem nördlichen oder südlichen Fluidum besteht,

ds ein Element des bewegten Drahts,

u die Geschwindigkeit der Bewegung von ds,

r die Entfernung von μ bis ds,

a der Winkel zwischen r und ds,

ψ der Winkel, den die Richtung von u (die Bewegung von ds) mit der Normale auf die Ebene von r und ds einschliefst.

de die elektromotorische Kraft der Induction von μ auf ds in der Richtung dieses Elements ausgeübt;

so ist nach Weber [1])

$$de = \frac{\mu \,.\, u \,.\, ds}{r^2} \sin a \,.\, \cos\psi \quad . \;.\; .\; .\; . \quad (1).$$

1) Weber's Elektrodynamische Maafsbestimmungen 1846, S. 136. Deutlicher in seiner zweiten Abhandlung. Abhandl. d. math. phys. Klasse der Kgl. Sächs. Gesellsch. I, 361.

Dieser Gleichung kann eine andere, für die folgenden Anwendungen mehr geeignete Form gegeben werden. Man ziehe durch den Mittelpunkt einer willkührlichen Kugel drei, den Richtungen von r, ds und u respective parallel laufende Gerade. Seyen R, S und U (Taf. III., Fig. 1) die Punkte, in welchen diese Geraden die Oberfläche der Kugel schneiden; RT und UV die Bogen aus R und U senkrecht auf die gegenüberstehenden Seiten des sphärischen Dreiecks RSU gefällt, so ist bekanntlich

$$\sin RS \,.\, \sin UV = \sin US \,.\, \sin RT.$$

Hierin ist $RS = \omega$, $UV = 90° - \psi$. Nennt man weiter

φ den Winkel zwischen ds und u

χ den Winkel, den r mit der Normale auf die Ebene von ds und u macht, so ist

$$US = \varphi, \quad RT = 90° - \chi,$$

daher

$$\sin\omega \cos\psi = \sin\varphi \,.\, \cos\chi,$$

und die Gleichung (1) wird

$$de = \frac{\mu u ds}{r^2} \sin\varphi \,.\, \cos\chi \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2).$$

Diese Gleichung bezieht sich nur auf eine inducirende Masse μ, allein es ist leicht, aus ihr eine mehr allgemeine Gleichung abzuleiten, welche die Wirkung einer willkührlichen Anzahl magnetischer Massen, d. h. eines oder mehrer Magnete ausdrückt. Dazu braucht man nur die Gleichung (2) auf jede in dem Magnet befindliche Masse Nord- oder Süd-Fluidums zu beziehen und die Summe aller so erhaltenen Gleichungen zu nehmen. Bei dieser Summation, welche durch das Zeichen Σ angedeutet werden möge, sind u, ds und φ constant, daher findet man:

$$\Sigma de = u ds \,.\, \sin\varphi \,.\, \Sigma \frac{\mu}{r^2} \,.\, \cos\chi \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (3).$$

Nun ist $\frac{\mu}{r^2}$ die magnetische anziehende oder abstofsende Kraft von μ auf die Einheit nördlichen Fluidums in der Entfernung r, d. h. an der Stelle von ds ausgeübt; daher ist $\frac{\mu}{r^2}\cos\chi$ die Componente der magnetischen Kraft von μ



in der Richtung der Normale auf die Ebene von ds und u, und $\Sigma \frac{\mu}{r^2} \cos\chi$ die Summe der Componenten der Kräfte aller magnetischen Massen in dieser Richtung. Nennt man daher

R die magnetische Kraft an der Stelle von ds, d. h. die Resultante der Kräfte von allen anwesenden magnetischen Massen auf die Einheit nördlichen Fluidums an dieser Stelle ausgeübt,

ε den Winkel, den R mit der Normale auf die Ebene von ds und u einschliefst, so ist

$$\Sigma \frac{\mu}{r^2} . \cos\chi = R \cos\varepsilon.$$

Das erste Glied in (3) ist die gesammte elektromotorische Kraft der Induction aller magnetischen Massen auf das Drahtelement ds. Ist diese Kraft gleich dE, so hat man

$$dE = R . u ds \sin\varphi . \cos\varepsilon \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (4),$$

eine Gleichung, die nun allgemein anwendbar ist, wie auch die Zahl und Lage der inducirenden Magnete beschaffen seyn möge. Die Anwendung setzt nur voraus, dafs man die Richtung und Stärke der magnetischen Kraft R in jedem Punkte des umgebenden Raumes kenne.

Damit aus (4) die elektromotorische Kraft, in einem endlichen, durch das magnetische Feld bewegten Theile des Drahts inducirt, bestimmt werden könne, mufs diese Gleichung in Bezug auf jenen Theil integrirt werden. Zu dem Ende lege man durch einen festen Punkt drei rechtwinklige Coordinatenaxen, und es seyen dann

x, y und z die Coordinaten von ds,

aufserdem

X, Y und Z die Componenten von R,

∂s der von ds in der unendlich kleinen Zeit ∂t durchlaufene Raum, so dafs $\partial s = u . \partial t$ ist,

∂x, ∂y und ∂z die Projectionen von ∂s auf die Coordinatenaxen, so sind die Richtungs-Cosinus von ds und ∂s oder u

$$\frac{dx}{ds},\ \frac{dy}{ds},\ \frac{dz}{ds},$$
$$\frac{\partial x}{\partial s},\ \frac{\partial y}{\partial s},\ \frac{\partial z}{\partial s},$$

daher die Richtungs-Cosinus der Normale auf die Ebene von ds und u

$$\frac{\frac{\partial y}{\partial s}\cdot\frac{dz}{ds}-\frac{\partial z}{\partial s}\cdot\frac{dy}{ds}}{\sin\varphi},\ \frac{\frac{\partial z}{\partial s}\cdot\frac{dx}{ds}-\frac{\partial x}{\partial s}\cdot\frac{dz}{ds}}{\sin\varphi},\ \frac{\frac{\partial x}{\partial s}\cdot\frac{dy}{ds}-\frac{\partial y}{\partial s}\cdot\frac{dx}{ds}}{\sin\varphi},$$

und da $\frac{X}{R}$, $\frac{Y}{R}$, $\frac{Z}{R}$ die Richtungs-Cosinus der magnetischen Kraft R sind, so wird

$$\cos\varepsilon=\frac{X\left(\frac{\partial y}{\partial s}\cdot\frac{dz}{ds}-\frac{\partial z}{\partial s}\cdot\frac{dy}{ds}\right)+Y\left(\frac{\partial z}{\partial s}\cdot\frac{dx}{ds}-\frac{\partial x}{\partial s}\cdot\frac{dz}{ds}\right)+Z\left(\frac{\partial x}{\partial s}\cdot\frac{dy}{ds}-\frac{\partial y}{\partial s}\cdot\frac{dx}{ds}\right)}{R\sin\varphi}.$$

Substituirt man diesen Werth und den von $u=\frac{\partial s}{\partial t}$ in (4), so erhält man:

$$dE=X\left(\frac{\partial y}{\partial t}.dz-\frac{\partial z}{\partial t}.dy\right)+Y\left(\frac{\partial z}{\partial t}.dx-\frac{\partial x}{\partial t}.dz\right)+Z\left(\frac{\partial x}{\partial t}.dy-\frac{\partial y}{\partial t}.dx\right)$$

oder

$$dE=\frac{\partial x}{\partial t}(Z\,dy-Y\,dz)+\frac{\partial y}{\partial t}(X\,dz-Z\,dx)+\frac{\partial z}{\partial t}(Y\,dx-X\,dy)\ (5).$$

Diese Gleichung, in welcher $\frac{\partial x}{\partial t}$, $\frac{\partial y}{\partial t}$, $\frac{\partial z}{\partial t}$ die Componenten der Geschwindigkeit u andeuten, hat die nämliche Allgemeinheit, wie (4). Sie ist anwendbar auf alle Ausbreitungsweisen der Kraft R in dem die Magnete umgebenden Raume.

Der einfachste Fall findet statt, wenn nur ein Magnet angewandt wird und dieser eine cylindrische Form hat. Es fällt dann die Richtung von R in jedem Punkte nothwendig in die, durch diesen Punkt und die Axe des Magnets gelegte Meridianebene. Ferner ist die Ausbreitung der Kraft die nämliche in allen Meridianebenen. Nimmt man daher die Axe des Magnets als Axe der x und ist $p=\sqrt{y^2+z^2}$ die Senkrechte aus dem Punkte (x, y, z) auf diese Axe gefällt, so kann R in diesem Punkte stets

in zwei Componenten X und $P = \sqrt{Y^2 + Z^2}$ zerlegt werden, die erste parallel der Axe der x, die zweite auf dieser senkrecht, und beide Functionen von x und p.

Der Magnet, dessen Faraday sich bediente, war nicht cylindrisch, sondern aus zwei schmalen Magneten zusammengesetzt, die vereinigt einen Magnet von beinahe quadratischem Querschnitt darstellen. In seiner Wirkung nach Aufsen kann derselbe jedoch nur wenig von einem cylindrischen Magnet verschieden gewesen seyn. Faraday selbst behauptet (3100), dafs seine zwei Magnete wie ein Magnet wirkten, in und um welchen die magnetische Kraft auf die einfachste und regelmäfsigste Weise verbreitet war. Wir glauben uns daher berechtigt, in der nun folgenden Analyse die angegebenen Eigenschaften eines cylindrischen Magnets voraussetzen zu dürfen.

Ersetzt man nun für jeden Punkt (x, y, z) die rechtwinkligen Coordinaten y und z durch die Polar-Coordinaten p und η, wo η der Winkel ist, den die durch den Punkt gelegte Meridianebene mit der Ebene der xy einschliefst, so ist

$$y = p . \cos\eta \qquad Y = P . \cos\eta$$
$$z = p . \sin\eta \qquad Z = P . \sin\eta.$$

Da der Draht nicht nothwendig in einer Meridianebene zu liegen braucht, sind längs dem Drahte x, p und η variabel, daher

$$dy = \cos\eta\, dp - p . \sin\eta\, d\eta$$
$$dz = \sin\eta\, dp + p \cos\eta . d\eta.$$

Bei den Versuchen Faraday's war die Bewegung des Drahtes stets eine Rotation um die Axe des Magnets, daher die Coordinaten x und p des Elements ds constant und nur η variabel; diefs giebt

$$\frac{\partial x}{\partial t} = 0, \ \frac{\partial y}{\partial t} = -p . \sin\eta . \frac{\partial\eta}{\partial t}, \ \frac{\partial z}{\partial t} = p . \cos\eta . \frac{\partial\eta}{\partial t}.$$

Setzt man diese Werthe in (5), so wird

$$dE = (P . dx - X . dp) p . \frac{\partial\eta}{\partial t}.$$

Bei der Integration längs dem Drahte ist die Winkelgeschwindigkeit constant, und man findet

$$E = \frac{\partial \eta}{\partial t} \int (Pp\,dx - Xp\,dp) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Liegt der bewegte Theil des Drahtes in der Axe, so ist in diesem Theile, über welchen allein die Integration sich erstreckt, $p=0$ und dann wird $E=0$ übereinstimmend mit (2) S. 419.

Weiter ist bekannt, dafs die Differentialformel $Pp\,dx - Xp\,dp$ ein vollständiges Differential einer Function von x und p ist, wenn die Differentialquotienten Pp und $-Xp$ der folgenden Gleichung genügen:

$$\frac{d(Pp)}{dp} = \frac{d(-Xp)}{dx},$$

welche nach der Entwicklung giebt:

$$\frac{P}{p} + \frac{dP}{dp} + \frac{dX}{dx} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Nun kann gezeigt werden, dafs in unserem Falle diese Bedingung erfüllt ist, denn da die anziehenden und abstofsenden magnetischen Kräfte dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sind, ist nach einem bekannten Satze [1])

$$\frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Nun ist

$$Y = \frac{y}{p} \cdot P \qquad Z = \frac{z}{p} \cdot P.$$

daher

$$\frac{dY}{dy} = \left(\frac{1}{p} - \frac{y}{p^2}\,\frac{dp}{dy}\right) P + \frac{y}{p} \cdot \frac{dP}{dy},$$

$$\frac{dZ}{dz} = \left(\frac{1}{p} - \frac{z}{p^2} \cdot \frac{dp}{dz}\right) P + \frac{z}{p} \cdot \frac{dP}{dz}.$$

Allein $p^2 = y^2 + z^2$ daher $\frac{dp}{dy} = \frac{y}{p}$, $\frac{dp}{dz} = \frac{z}{p}$ und

$$\frac{dY}{dy} = \frac{z^2}{p^3} \cdot P + \frac{y}{p} \cdot \frac{dP}{dy}$$

$$\frac{dZ}{dz} = \frac{y^2}{p^3} \cdot P + \frac{z}{p} \cdot \frac{dP}{dz}.$$

[1]) Gaufs, Resultate aus den Beobacht. des magn. Vereins 1839 S. 6.

Ferner ist P eine Function von x und p, weshalb

$$\frac{dP}{dy}=\frac{dP}{dp}\cdot\frac{dp}{dy}=\frac{y}{p}\cdot\frac{dP}{dp}$$

$$\frac{dP}{dz}=\frac{dP}{dp}\cdot\frac{dp}{dz}=\frac{z}{p}\cdot\frac{dP}{dp}.$$

Es wird hieraus

$$\frac{dY}{dy}=\frac{z^2}{p^3}\cdot P+\frac{y^2}{p^2}\cdot\frac{dP}{dp}$$

$$\frac{dZ}{dz}=\frac{y^2}{p^3}\cdot P+\frac{z^2}{p^2}\cdot\frac{dP}{dp}.$$

Diese Werthe in (8) substituirt geben

$$\frac{dX}{dx}+\frac{P}{p}+\frac{dP}{dp}=0,$$

welche Gleichung identisch ist mit (7).

Wir schliefsen hieraus, dafs das Integral $\int(Pp\,dx-Xp\,dp)$ in (6) stets eine endliche Function der Coordinaten von x und p ist, woraus unmittelbar folgt, dafs, unabhängig von der Form und Länge des Drahtes, der Werth des über den ganzen Umfang des Drahtes ausgedehnten Integrals gleich Null ist, weil wegen des Zusammenfallens des Anfangs- und Endpunktes die Coordinaten x und p an beiden Gränzen des Integrals denselben Werth haben. Deshalb ist dann nach (6) die elektromotorische Kraft der Induction fortwährend gleich Null und es entsteht kein Strom, wie auch Faraday gefunden hat (Satz 1, S. 418).

Wenn nur ein Theil des Drahtes bewegt wird, erstreckt sich das Integral (6) nur über diesen Theil. Die elektromotorische Kraft erhält dann einen endlichen, nur von den Coordinaten des Anfangs- und Endpunkts abhängigen Werth. Faraday maafs diese Kraft nicht, sondern beobachtete den Ausschlag der Galvanometernadel, und dieser (oder richtiger der Sinus des halben Ausschlagwinkels) ist der während der Bewegung des Drahts durch das Galvanometer fliefsenden Elektricitätsmenge proportional, vorausgesetzt, die Dauer der Bewegung sey viel kürzer als die Schwingungszeit der Nadel, wie es bei seinen Versuchen der Fall war. Sey nun J die Stromstärke, W der Wider-

stand des ganzen Drahtes, die des Galvanometers mit einbegriffen, dann ist nach dem Ohm'schen Gesetze

$$J = \frac{E}{W}.$$

Die in der Zeit dt durch jeden Querschnitt des Drahts fließende Elektricitätsmenge ist gleich Jdt. Diese vom Anfange bis zum Ende integrirt, giebt die ganze Elektricitätsmenge, welcher der Ausschlag der Nadel proportional ist. Bezeichnet man nun diese Integration zur Unterscheidung durch S, so ist

$$SJ\partial t = \frac{SE\partial t}{W}$$

oder, wenn E durch ihren Werth (6) ersetzt und die Integration über eine ganze Umdrehung von $\eta = 0$ bis $\eta = 2\pi$ ausgedehnt wird,

$$SJdt = \frac{2\pi}{W}\int(Ppdx - Xpdp).$$

Bei diesen Versuchen gebrauchte Faraday ein Ruhmkorff'sches Galvanometer mit sehr langem und sehr dünnem Drahte, dessen Widerstand den des bewegten Drahttheils so sehr übertraf, daſs dieser auſser Rechnung gelassen und W bei den mit verschiedenen Drahtlängen angestellten Versuchen als constant betrachtet werden darf. Dann aber ist $SJdt$ dem Integrale $\int(Ppdx - Xpdp)$ proportional. Da nun gezeigt worden ist, daſs der Werth dieses Integrals nur abhängig ist von den Coordinaten des Anfangs- und Endpunkts des bewegten Drahttheils, so erhellt, daſs auch hier die Theorie mit den Resultaten der Faraday'schen Versuche (Satz 3 und 4, S. 418) genau übereinstimmt.

In der zweiten Versuchsreihe ging die Induction vom Erdmagnetismus aus. Ein in der Form eines Rechtecks gebogener Draht war um eine horizontale, durch die Mitte zweier gegenüberstehenden Seiten des Rechtecks gehende und senkrecht auf dem magnetischen Meridian gestellte Axe beweglich. Die Enden des Drahts waren auf der Axe sehr

nahe bei einander gebracht, und mit einem Galvanometer, dessen Draht diefsmal kurz und dick war, verbunden. Das Rechteck, anfänglich senkrecht auf die Richtung des Erdmagnetismus gestellt, wurde dann 180° um die Axe gedreht und der Ausschlag der Nadel notirt. Damit aufserdem, ungeachtet des nach jeder halben Umdrehung erfolgenden Wechsels der Richtung des Inductionsstroms, mehrere Umdrehungen nach einander gemacht werden konnten, war noch ein zweckmäfsiger Commutator angebracht.

Diese Versuche ergaben, dafs, wenn gleiche Längen desselben Drahts in Rechtecken verschiedener Abmessungen und daher ungleichen Inhalts gebogen waren, der Ausschlag der Nadel dem Inhalte des Rechtecks proportional war. Wurden dagegen Rechtecke gleichen Inhalts, aber aus Drähten verschiedener Dicke verfertigt, dem Versuche unterworfen, so zeigte sich bei diesem Galvanometer der Einflufs des ungleichen Widerstands der Drähte, da die dickeren einen gröfseren Ausschlag gaben.

Die Anwendung des Grundgesetzes der Magneto-Induction auf den sich hier darbietenden Fall ist früher schon von Anderen gemacht worden; selbst Weber hat ein auf die Induction des Erdmagnetismus auf einen rotirenden Draht gegründetes Maafs der elektromotorischen Kräfte vorgeschlagen [1]). Da jedoch die Gleichung (5) schnell zum Ziele führt, so möge der Calcül hier einen Platz finden.

Sei A die Erdmagnetkraft. Man wähle ihre Richtung als Axe der z, die Drehungsaxe als Axe der x, so ist

$$X=0, \quad Y=0, \quad Z=A,$$

und die Gleichung (5) wird

$$dE=A\left(\frac{\partial x}{\partial t}.dy-\frac{\partial y}{\partial t}.dx\right).$$

Allein bei der Drehung ist die Coordinate x constant, daher $\frac{\partial x}{\partial t}=0$ und

$$dE=-A\frac{\partial y}{\partial t}.dx.$$

Seyen nun x und p die rechtwinkligen Coordinaten von

1) Abhandl. der math. phys. Classe der Sächs. Gesellschaft I. 219.

ds in der Ebene des Drahts und η der Winkel, den diese Ebene mit der Ebene der xy einschliefst, so ist

$$y = p \cdot \cos\eta, \quad \frac{\partial y}{\partial t} = -p \sin\eta \cdot \frac{\partial \eta}{\partial t}.$$

Es wird nun

$$dE = Ap \cdot \sin\eta \cdot \frac{\partial \eta}{\partial t} \cdot dx.$$

Integrirt man nun in der Länge des Drahts, wobei η und $\frac{\partial \eta}{\partial t}$ constant, dagegen x und p variabel sind, so wird

$$E = A \cdot \sin\eta \cdot \frac{\partial \eta}{\partial t} \cdot \int p\, dx.$$

Nun ist $\int p\, dx$, über den ganzen Draht ausgedehnt, dessen Inhalt gleich, und setzt man diesen gleich J, so ist

$$E = A \cdot J \cdot \sin\eta \cdot \frac{\partial \eta}{\partial t}.$$

Die Summe der elektromotorischen Kräfte während einer halben Umdrehung oder $SE\partial t$, welche bei constantem Widerstande der in dieser Zeit durch das Galvanometer fliefsenden Elektricitätsmenge proportional ist, wird gefunden durch Integration des zweiten Gliedes von $\eta = 0$ bis $\eta = 2\pi$, ist also gleich $2AJ$, deshalb dem Inhalte der vom Drahte begränzten Fläche proportional, wie es auch Faraday bei seinen, in der Form von Rechtecken gebogenen Drähten beobachtet hat.

Aus den bisherigen Betrachtungen erhellt, dafs das bekannte Gesetz der Magneto-Induction zur Erklärung der neuen von Faraday mitgetheilten Thatsachen vollkommen genügt, und es dabei ganz überflüssig ist, die magnetischen Kraftlinien selbst zu erwähnen. Allein man kann weiter gehen und zeigen, dafs die allgemeineren Sätze seiner Theorie, wie er sie in Art. 3109 bis 3115 ausgesprochen hat, aus demselben Gesetze als nothwendige Folgen hervorgehen und erst dadurch eine gröfsere mathematische Bestimmtheit erhalten. Denn es kann schwerlich geläugnet werden, dafs Faraday sich hier nicht mit der Klarheit und Genauigkeit ausgedrückt hat, welche erfordert wird, um aus

den von ihm gegebenen Sätzen eine mathematische Entwicklung der Inductionserscheinungen abzuleiten, wenn sie nicht anders woher beleuchtet werden. Die Untersuchung der Eigenschaft der Kraftlinien in Bezug auf die Induction bewegter Drähte, zu welchen wir jetzt übergehen, wird diese Behauptung rechtfertigen.

Wir gehen dabei von der Gleichung (4) aus, welche, wenn die Geschwindigkeit u durch ihren Werth $\frac{\partial s}{\partial t}$ ersetzt wird, sich verändert in

$$dE = R \,.\, \frac{\partial s}{\partial t} \,.\, ds \,.\, \sin\varphi \,.\, \cos\varepsilon.$$

Hieraus findet man für die elektromotorische Kraft E, in einem bestimmten Augenblicke auf einem endlichen Drahttheil von $s = s_0$ bis $s = s_1$ ausgeübt,

$$E = \int_{s_0}^{s_1} R \frac{\partial s}{\partial t} \,.\, ds \sin\varphi \,.\, \cos\varepsilon,$$

und für den Integralwerth der elektromotorischen Kraft in diesem Theile während der Zeit t vom Anfange der Bewegung ab gerechnet

$$\mathbf{S}_0^t E\partial t = \mathbf{S}_0^t \int_{s_0}^{s_1} R \,.\, \partial s \,.\, ds \sin\varphi \,.\, \cos\varepsilon \;\ldots\; (9).$$

Sey nun (Taf. III., Fig. 2) $mm' = ds$ das Drahtelement, das in der Zeit dt in nn' versetzt wird, so dafs $mn = m'n' = \partial s$, dann ist der Winkel $nmm' = \varphi$ und daher der Inhalt des Parallelogramms $nmm'n' = \partial s \,.\, ds \sin\varphi$. Bei dieser Bewegung durchschneidet ds alle Kraftlinien, die innerhalb des Parallelogramms durchgehen und zusammen ein Bündel ausmachen, wovon das Parallelogramm ein schiefer Schnitt ist. Der senkrechte Schnitt wird erhalten durch Multiplication des Inhalts des Parallelogramms mit dem Cosinus des Winkels ε, welchen die Normale auf seiner Ebene mit der Richtung der magnetischen Kraft R einschliefst. Er ist deshalb gleich $\partial s \,.\, ds \sin\varphi \cos\varepsilon$. Multiplicirt man noch mit der Intensität der Kraft, so findet man als mathematischen Aus-

druck desjenigen, was von Faraday der Betrag (*amount*) der durchschnittenen Kraftlinien genannt wird, die Formel $R\vartheta s\, ds \sin\varphi . \cos\varepsilon$.

Man bemerkt nun gleich, dafs das zweite Glied der Gleichung (9) den Betrag der durch einen endlichen Theil des Drahts in einer endlichen Zeit durchschnittenen Kraftlinien ausdrückt, weshalb die Gleichung zu folgendem Satze führt:

»Der Integralwerth der elektromotorischen Kraft, durch einen oder mehrere Magnete, auf einen in ihrer Nähe bewegten Draht ausgeübt, ist dem Betrage der vom Drahte bei seiner Bewegung durchschnittenen Kraftlinien proportional.«

In diesem Sinne ist der allgemeine von Faraday in Art. 3115 ausgesprochene Satz: »*The quantity of electricity thrown into a current is directly as the amount of curves intersected,*« aufzufassen. Zugleich aber leuchtet ein, dafs sein Ausdruck nicht ganz genau ist. Ersetzt man nämlich den Draht durch einen anderen von denselben Abmessungen, aber aus einem Metall verfertigt, das einen gröfseren Widerstand hat, so bleibt ja bei derselben Bewegung der Integralwerth der elektromotorischen Kraft ungeändert, allein die Stromstärke und mit ihr die fortgeführte Elektricitätsmenge nimmt ab im umgekehrten Verhältnisse des Widerstandes, wie auch Faraday selber gefunden hat (3143 bis 3153).

Im Vorbeigehen sey noch bemerkt, dafs der Beweis seines Satzes in Art. 3113: »*Obliquity of intersection causes no difference,*« schon in der gegebenen Deduction enthalten ist.

Es ist jedoch ein zweiter Satz Faraday's, der mit dem vorigen die Grundlage seiner ganzen Theorie ausmacht und deshalb eine nähere Untersuchung erfordert. Faraday spricht ihn aus in den Worten: »*convergence or divergence of the lines of force causes no difference in their amount.*« Es fällt nicht schwer die Bedeutung dieses Satzes schärfer zu bestimmen und zugleich dessen Beweis zu liefern.

Schon aus dem Versuche mit Eisenfeilicht ist es klar, dafs die Kraftlinien nicht parallel neben einander fortrücken. Betrachtet man daher ein bestimmtes Bündel dieser Linien, so wird, auch wenn das Bündel unendlich dünn ist, der normale Querschnitt von Stelle zu Stelle veränderlich seyn. Es kann jedoch der Betrag der Kraftlinien, d. h. das Product aus dem Inhalte des Querschnitts und der Intensität der daselbst wirkenden magnetischen Kraft, in der ganzen Ausdehnung des Bündels ungeändert bleiben. Sehen wir, ob dieses aus dem Grundgesetze der Magneto-Induction mit Nothwendigkeit folge.

Sey in einem Punkte M die magnetische Kraft $= R_0$. Man nehme die Richtung dieser Kraft als Axe der x und die darauf normale Ebene als Ebene der yz, so sind die Componenten der Kraft in M

$$X = R_0, \quad Y = 0, \quad Z = 0.$$

Man betrachte ein Bündel, dessen normaler Querschnitt in der Ebene der yz ein unendlich kleines Dreieck MNP ist. Es seyen ferner β und γ so wie β' und γ' die Coordinaten y und z der Eckpunkte N und P, so ist der Inhalt des Dreiecks

$$J = \tfrac{1}{2}(\beta\gamma' - \beta'\gamma).$$

Die Componenten der Kraft im Punkte N sind

$$\begin{aligned} X &= R_0 + \frac{dX}{dy}\beta + \frac{dX}{dz}\gamma \\ Y &= \phantom{R_0 +{}} \frac{dY}{dy}\beta + \frac{dY}{dz}\gamma \\ Z &= \phantom{R_0 +{}} \frac{dZ}{dy}\beta + \frac{dZ}{dz}\gamma, \end{aligned}$$

wo $\frac{dX}{dy}$, $\frac{dX}{dz}$ u. s. w. die bestimmten Werthe dieser Differentialquotienten im Punkte M andeuten.

Die Gleichung der Richtung der Kraftlinien in N wird daher, mit Vernachlässigung kleiner Gröfsen zweiter Ordnung

$$y - \beta = \left(\frac{dY}{dy} \cdot \frac{\beta}{R_0} + \frac{dY}{dz} \cdot \frac{\gamma}{R_0}\right)x$$

$$z - \gamma = \left(\frac{dZ}{dy} \cdot \frac{\beta}{R_0} + \frac{dZ}{dz} \cdot \frac{\gamma}{R_0}\right)x.$$

Ersetzt man hierin β und γ durch β' und γ', so hat man die Gleichungen der Richtung der Kraftlinien im Punkte P.

Auf der Axe der x nehme man nun einen zweiten Punkt M' in der unendlich kleinen Entfernung α von M und lege dadurch eine der Normalebene in M parallele Ebene, deren Gleichung ist $x = \alpha$. Es leuchtet ein, dafs der Durchschnitt des Bündels durch diese Ebene wieder ein Dreieck $M'N'P'$ ist, dessen Eckpunkte die Durchschnitte der Ebene und der Kraftlinien in M, N und P sind. Die Coordinaten y und z sind daher

in M' 0 und 0

in N' $\beta + \left(\frac{dY}{dy} \cdot \frac{\beta}{R_0} + \frac{dY}{dz} \cdot \frac{\gamma}{R_0}\right)\alpha$ und $\gamma + \left(\frac{dZ}{dy}\frac{\beta}{R_0} + \frac{dZ}{dz} \cdot \frac{\beta}{R_0}\right)\alpha$.

in P' $\beta' + \left(\frac{dY}{dy}\frac{\beta'}{R_0} + \frac{dY}{dz} \cdot \frac{\gamma'}{R_0}\right)\alpha$ und $\gamma' + \left(\frac{dZ}{dy} \cdot \frac{\beta'}{R_0} + \frac{dZ}{dz} \cdot \frac{\gamma'}{R_0}\right)\alpha$.

Nennt man J' den Inhalt des zweiten Dreiecks, so findet man

$$J' = \tfrac{1}{2}(\beta\gamma' - \beta'\gamma)\left[1 + \left(\frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz}\right)\frac{\alpha}{R_0}\right]$$

oder wegen des obigen Werths von J auch

$$\frac{J'}{J} = 1 + \left(\frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dx}\right)\frac{\alpha}{R_0}.$$

Das Verhältnifs der zwei Durchschnitte differirt daher von der Einheit um ein unendlich Kleines erster Ordnung in Bezug auf ihre Entfernung α, woraus folgt, dafs das Verhältnifs zweier in endlicher Entfernung von einander liegender Durchschnitte des Bündels im Allgemeinen von der Einheit um eine endliche Gröfse differirt und dafs demzufolge diese Durchschnitte ungleich sind.

Bestimmt man dagegen den Betrag der Kraftlinien in jedem Durchschnitte durch Multiplication mit der bezüglichen Kraft, welche in M gleich R_0 und in M' gleich $R_0 + \frac{dX}{dx}\alpha = R_0\left(1 + \frac{dX}{dx}\frac{\alpha}{R_0}\right)$ ist, so findet man diesen Betrag im ersten Durchschnitte gleich JR_0, dagegen im zweiten Durchschnitte gleich $JR_0\left[1 + \left(\frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz}\right)\frac{\alpha}{R_0}\right]$, welche Werthe vermöge der Gleichung (8) einander gleich

sind. Das Verhältnifs dieser Werthe kann daher von der Einheit nur um ein unendlich Kleines zweiter Ordnung differiren, weshalb diese Differenz auch in endlicher Entfernung nicht endlich werden kann. Hierin liegt der Beweis, dafs der Betrag der Kraftlinien in jedem Durchschnitte des Bündels über seine ganze Länge constant ist.

Was nun für ein unendlich dünnes dreieckiges Bündel bewiesen ist, gilt zugleich für jedes Bündel endlichen Durchschnitts, da diefs stets als aus unendlich vielen solcher Bündel bestehend gedacht werden kann. Somit ist auch der zweite Hauptsatz in der Faraday'schen Inductionstheorie erwiesen.

Vielleicht wird man gegen diesen Beweis einwenden, dafs wegen der Krümmung der Kraftlinien die zweite, der Normalebene in M parallele Ebene nicht die Normalebene in M' ist, und dafs also der gefundene Werth von J' den Normalschnitt in M' nicht angiebt. Diesen Durchschnitt zu erhalten, mufs der Werth von J' mit dem Cosinus des Winkels, den die Ebene $x = \alpha$ mit der Normalebene in M' macht, multiplicirt werden. Da jedoch dieser Winkel unendlich klein ist, differirt dessen Cosinus nur um ein unendlich Kleines zweiter Ordnung von der Einheit und mufs deshalb hier gleich 1 gesetzt werden.

Aus dem bisher Angeführten ergiebt sich überzeugend, das das Weber'sche, auf die Hypothese magnetischer Flüssigkeiten gestütze Grundgesetz durch die Faraday'schen Versuche nicht erschüttert wird; dafs es vielmehr geeignet ist, diese Versuche und die aus ihnen abgeleiteten Sätze vollständig zu erklären. Es kann indessen gefragt werden, ob die Faraday'sche Theorie die früheren Hypothesen nicht überflüssig mache. Zur genügenden Beantwortung dieser Frage wäre es nothwendig, die gesammten Erscheinungen des Magnetismus und der damit verwandten Kräfte ins Auge zu fassen. Eine solche Untersuchung liegt aufser dem Plane gegenwärtigen Aufsatzes. Ich begnüge mich daher schliefslich einzelne Gründe aus dem Gebiete des

des reinen Magnetismus zu erwähnen, die für die Beibehaltung der früheren Hypothesen zu sprechen scheinen.

Die Theorie Faraday's geht von den Kraftlinien als Grundlage der ferneren Betrachtungen aus; allein sie erklärt weder wie diese Linien entstehen, noch welches ihre Beziehung sey zu der Vertheilung des Magnetismus in den Magneten, von denen die Kraft ausgeht. Hierüber kann allein ein höheres Princip Aufschlufs geben, und man findet ein solches entweder in der Hypothese von magnetischen Flüssigkeiten, oder der von elektrischen Molecularströmen[1]). Die aus jener Hypothese abgeleiteten Sätze, hinsichtlich der Form magnetischer Linien um einen Magnet, in welchem der freie Magnetismus in zwei Pole angehäuft gedacht wird, stimmen mit der Beobachtung nahe überein, was gewifs noch mehr der Fall seyn würde, wenn das Gesetz der Vertheilung des Magnetismus in den Magneten genauer bekannt wäre.

Das von Gaufs streng bewiesene Gesetz der Wirkung magnetischer Anziehungs- und Abstofsungskräfte, im verkehrten Verhältnifs des Quadrats der Entfernung, wird von Faraday zwar nicht geleugnet, allein es ist seiner Theorie fremd. Es ist jedoch bekannt, welche ausgedehnte Anwendung dieses Gesetz, insbesondere bei der Einrichtung und Aufstellung magnetischer Instrumente, in neuerer Zeit gefunden hat, und wie die von Gaufs zur Messung der absoluten Intensität des Erdmagnetismus erfundene und jetzt allgemein eingeführte Methode auf dieses Gesetz gegründet ist.

Seit der Entdeckung des Diamagnetismus ist die Richtung, in welcher die durch Vertheilung magnetisirte Körper, z. B. weiches Eisen, sich im magnetischen Felde bewegen, mehr als früher zur Sprache gekommen. Faraday hat hierüber als Resultat der Erfahrung das Gesetz aufgestellt,

1) Es braucht kaum erinnert zu werden, dafs die Coulomb'schen und die Ampère'schen Hypothesen, hinsichtlich der Wirkung gegebener magnetischer Körper, zu identischen Resultaten führen: Nur in der Erklärung des Entstehens diamagnetischer Zustände hat die letztere einen entschiedenen Vorzug.



dafs jeder frei bewegliche magnetische Körper sich stets von schwächeren zu stärkeren Stellen magnetischer Kraft zu bewegen strebe. Diefs Gesetz ist jedoch in keinem nothwendigen Zusammenhange mit seiner übrigen Theorie. Allein auch hier bewährt sich die allgemeine Anwendbarkeit der früheren Hypothese, welche in einfacher Weise zu demselben Gesetze führt.

Man betrachte dazu eine sehr kleine, im magnetischen Felde frei bewegliche Eisenmasse. Sie wird durch Vertheilung magnetisirt in der Richtung der magnetischen Kraft an der Stelle, wo sie sich befindet. Seyen x, y, z und $x+\partial x$, $y+\partial y$, $z+\partial z$ die Coordinaten des Süd- und Nordpols dieses Magneten; ∂s die Entfernung der Pole, daher $\partial s^2 = \partial x^2 + \partial y^2 + \partial z^2$. Ferner sey $\pm\mu$ die Menge des magnetischen Fluidums in jedem Pole; R die magnetische Kraft im Punkte (x, y, z); X, Y, Z ihre Componenten, so sind die Componenten der bewegenden Kraft im Südpole des Magneten

$$-\mu X, \quad -\mu Y, \quad -\mu Z,$$

und diese werden im Nordpole

$$+\mu\left(X + \frac{dX}{dx}\partial x + \frac{dX}{dy}\partial y + \frac{dX}{dz}\partial z\right)$$
$$+\mu\left(Y + \frac{dY}{dx}\partial x + \frac{dY}{dy}\partial y + \frac{dY}{dz}\partial z\right)$$
$$+\mu\left(Z + \frac{dZ}{dx}\partial x + \frac{dZ}{dy}\partial y + \frac{dZ}{dz}\partial z\right).$$

Addirt man die parallelen Componenten, so findet man für die Componenten X_1, Y_1, Z_1 die Kraft, die das Eisen forttreibt:

$$X_1 = \mu\left(\frac{dX}{dx}\partial x + \frac{dX}{dy}\partial y + \frac{dX}{dz}\partial z\right)$$
$$Y_1 = \mu\left(\frac{dY}{dx}\partial x + \frac{dY}{dy}\partial y + \frac{dY}{dz}\partial z\right)$$
$$Z_1 = \mu\left(\frac{dZ}{dx}\partial x + \frac{dZ}{dy}\partial y + \frac{dZ}{dz}\partial z\right).$$

Da nun X_1, Y_1, Z_1 die partielle Differentialquotienten einer und derselben Function von x, y, z sind [1]), so ist

1) Gaufs l. c. S. 3.

$$\frac{dX}{dy}=\frac{dY}{dx},\quad \frac{dY}{dz}=\frac{dZ}{dy},\quad \frac{dZ}{dx}=\frac{dX}{dz},$$

weshalb der vorigen Gleichung auch diese Form gegeben werden kann

$$X_1=\mu\,\frac{d(X\partial x+Y\partial y+Z\partial z)}{dx}$$

$$Y_1=\mu\,\frac{d(X\partial x+Y\partial y+Z\partial z)}{dy}$$

$$Z_1=\mu\,\frac{d(X\partial x+Y\partial y+Z\partial z)}{dz}.$$

Allein aus dem Parallelismus der Richtungen von ∂s und R folgt

$$\frac{X}{R}\frac{\partial x}{\partial s}+\frac{Y}{R}\frac{\partial y}{\partial s}+\frac{Z}{R}\cdot\frac{\partial z}{\partial s}=1,$$

oder

$$X\partial x+Y\partial y+Z\partial z=R\partial s,$$

und ∂s ist von x, y, z unabhängig; daher findet man das magnetische Moment $\mu\partial s$ der Eisenmasse gleich m gesetzt,

$$X_1=m\frac{dR}{dx},\quad Y_1=m\frac{dR}{dy},\quad Z_1=m\frac{dR}{dz}.$$

Aus diesen Gleichungen erhellt, daſs die jeder Axe parallele Componente der forttreibenden Kraft dem Differentialquotient der magnetischen Kraft R und daher der Geschwindigkeit, mit welcher R in der Richtung dieser Axe zunimmt, proportional ist. Da nun die Richtung der Axe ganz willkührlich blieb, ist dieser Satz auf jede Richtung um die Eisenmasse anwendbar, d. h. die Componente der forttreibenden Kraft in jeder willkührlichen Richtung ist stets der Geschwindigkeit, mit welcher die Kraft R in dieser Richtung zunimmt, proportional. Nun ist die Componente am gröſsten, wenn ihre Richtung mit der Richtung der forttreibenden Kraft zusammenfällt. Die Richtung der forttreibenden Kraft ist daher diejenige, in welcher die magnetische Kraft am schnellsten zunimmt.

Diese Betrachtungen können noch weiter fortgesetzt werden; ich glaube jedoch schon hinreichende Gründe angeführt zu haben, zur Erhärtung des Schlusses, daſs die Faraday'sche Theorie der Kraftlinien nicht als höchstes

Princip in der Lehre vom Magnetismus angenommen werden darf und die früheren Hypothesen nicht überflüssig gemacht hat. Ich bin indessen weit davon entfernt, die Wichtigkeit seiner letzten Versuche deshalb in Abrede zu stellen. Ihm gehört das Verdienst, die Eigenschaften der Kraftlinien genauer, als vor ihm geschehen war, durch Versuche ergründet zu haben. Auf diesem Wege ist er zur Entdeckung von Gesetzen magnetischer Wirkung geführt worden, die zwar aus der früheren Theorie abgeleitet werden können, jedoch bisher nicht bekannt waren. Insbesondere hat er das Grundgesetz der Magneto-Induction in einer anschaulichen Form vorgestellt, welche ihre Anwendung in vielen Fällen vereinfacht, und einen neuen Gesichtspunkt öffnet, der zu weiteren Entdeckungen Veranlassung geben kann.

IV. *Gesetze der Anziehung der Elektromagnete; von Dr. Julius Dub.*

(Schlufs von S. 261 des vorigen Hefts.)

III. Magnetismus, Anziehung und Tragkraft der Hufeisen-Elektromagnete von verschiedenem Durchmesser.

Die Untersuchung der Hufeisen in Hinsicht auf ihren Durchmesser ist eine sehr schwierige Arbeit, und wenngleich die vorliegenden Resultate keinen Zweifel über das herrschende Gesetz lassen, so ist es mir bei aller Sorgfalt doch nicht gelungen Reihen ohne bedeutende Fehler zu erhalten.

Die am Schlusse des ersten Theiles dieser Abhandlung [1]) aufgeführte Versuchsreihe liefs mich auf eine Kraft schliefsen, welche dem Quadrate der Durchmesser der Kerne proportional wäre. Allein jene Versuche sind fehlerhaft, weil bei der Reihe mit dem $\frac{1}{2}''$ starken Hufeisen schon

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 506.

Sättigung eingetreten war, und deshalb sämmtliche Resultate weder der Stromstärke noch dem Kerndurchmesser proportional sind.

Um nun die Versuche in gröfserem Umfange, besonders mit dickeren Hufeisen anstellen zu können, wurden mehrere derselben angefertigt, bei denen immer das Verbindungsstück, auf das die Schenkel aufgeschraubt wurden, und der Anker gleichen Querschnitt mit den Schenkeln selbst hatten; so dafs das Hufeisen mit dem Anker einen magnetischen Kreis von gleicher Dicke bildete. Die Schwierigkeit des Experimentirens lag in den vielen Fehlerquellen, welche sich *dadurch* herausstellten, dafs es nothwendig war, die verschiedenen Hufeisen nach ihrem absoluten Maafs mit einander zu vergleichen. War bei der Untersuchung in Hinsicht auf Stromstärke, Windungszahl etc. die Zusammenstellung des Hufeisens auch fehlerhaft, so erhielt man doch das richtige Resultat, da der vorhandene Fehler sich durch die ganze Versuchsreihe hindurch zog und kein Vergleich dieser Reihe mit einer anderen verlangt wurde. Bei genauerer Beobachtung der verschiedenen Hufeisen zeigte sich aber, dafs es nur annäherungsweise möglich war, die Schenkel so aufzuschrauben, dafs ihre Polflächen in einer Ebene lagen. Die Berührung des Ankers fand daher an jedem Pole nur in einem Punkte statt, und da dieser Punkt bald an der inneren, bald an der äufseren Kante lag, da ferner der Winkel, den die übrige Polfläche mit der Berührungslinie des Ankers bildete, bald ein Minimum gröfser oder kleiner war, als im anderen Falle, so liegt es auf der Hand, dafs die Resultate variiren mufsten.

Bevor die eigentlichen Messungen unternommen wurden, stellte ich daher Vorversuche an, welche das nothwendige Ergebnifs der eigentlichen Versuche im Voraus herausstellen mufsten.

Der in Stäben freie Magnetismus hatte sich durch die Nadelablenkung den Wurzeln der Stabdurchmesser proportional gezeigt. Diese Wirkung auf die Nadel ist die der Differenz beider Pole. Bringt man nun ein Hufeisen

der Nadel in solcher Weise nahe, dafs die Pole genau von Osten nach Westen liegen, so mufs die Wirkung auf dieselbe ebenfalls die Differenz beider Pole seyn. Bleibt hierbei die Entfernung der Pole von einander gleich, so wird auch hier die Differenz dem im Hufeisen freien Magnetismus proportional seyn.

Es wurde, um diefs zu prüfen, zunächst das Experiment, welches Koosen zum ersten Male an Stäben gemacht hat [1]), mit Hufeisen angestellt.

Ein Hufeisenmagnet, durch dessen Spirale der zugleich durch die Tangentenbussole geleitete Strom geht, wird so aufgestellt, dafs seine Pole in gleicher Höhe mit der Nadel der Bussole und ihre Verbindungslinie in der Richtung von Westen nach Osten vom Mittelpunkt der Nadel aus stehen. Darauf wird das Hufeisen (indem der Pol, welcher die Nadel nach der entgegengesetzten Seite als der Strom richtet, ihr zugekehrt ist) in der Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian so lange der Bussole genähert, bis die beiden auf die Nadel wirkenden Kräfte einander neutralisiren, d. h. bis die Nadel auf 0° steht.

Diefs Experiment wurde zunächst mit dem 1" dicken Hufeisen, dessen Schenkel, ohne das Querstück, 6" lang sind, unternommen. Ist nun das von mir bei der *Anziehung* der *Hufeisen* beobachtete Gesetz »der Quadrate der Ströme« richtig, so mufs in diesem Falle der Magnetismus dem Strome proportional wachsen, d. h. der Strom mag zu- oder abnehmen, die Nadel mufs immer auf Null bleiben, so lange noch keine Wirkung der Sättigung auftritt. Nachdem die Nadel der Bussole mittelst des Magneten auf 0 gebracht war, entfernte ich den Kern aus den Spiralen und fand, dafs die Nadel auf 7° abgelenkt wurde. Darauf ward mittelst Ausschaltung des Widerstandsmessers der Strom auf 26° gebracht, und nun wieder der Kern in die Spirale eingeführt. Die Nadel stand wieder auf 0°.

Diefs Resultat bestätigte einerseits die Wahrheit des Satzes, dafs die Anziehung der Hufeisen-Elektromagnete

1) Pogg. Ann. Bd. 85, S. 159.

sich wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme verhalte, andererseits beweist es, dafs bei einer Steigerung der Stromstärke von 7° auf 26° noch keine Annäherung an den Sättigungspunkt vorhanden ist, wenn der Magnet 1" Durchmesser hat. Bei den früheren Versuchen in Bezug auf die Anziehung hatte dasselbe Resultat statt, doch konnte dort möglicherweise ein wirklich vorhandenes Abweichen durch Versuchsfehler verdeckt werden; allein bei diesem Experiment können nicht leicht Versuchsfehler eine so genaue Uebereinstimmung bewirken.

Sollten nun aber überhaupt die Erscheinungen sich analog denen bei der Anziehung ergeben, so mufste bei dem $\frac{1}{2}$" dicken Magnet die Nadel, nachdem sie bei einer bestimmten Stromstärke auf Null gebracht war, bei verstärktem Strom nach der Seite hin abweichen, wohin sie durch den Strom gelenkt wird. Ein Versuch zeigte, dafs bei Steigerung des Stromes von 7° auf 26° die Nadel in der That von 0° nach 3° geführt wurde. In diesem Falle blieb also der Magnetismus nicht mehr der Stromstärke proportional.

Legt man auf das Hufeisen einen Anker, so wird der vorher freie Magnetismus gebunden; allein eine gewisse Menge bleibt noch frei und wird sich also in derselben Weise wie früher auf die Nadel äufsern. Es kann wohl nicht anders seyn, als dafs die Menge des noch übrigen, freien Magnetismus ebenfalls der Stromstärke proportional wächst, d. h. dafs, wenn bei einer bestimmten Stromstärke das *geschlossene* Hufeisen die Nadel auf Null zurückführt, dieselbe so lange auf Null bleibt, wie die Anziehung dem Strome proportional wächst. Es ist wenigstens nicht anzunehmen, dafs in Bezug auf die ganze Menge des entwickelten Magnetismus schon Sättigung eingetreten, dabei aber immer noch der freibleibende Magnetismus dem Strome proportional wäre, oder umgekehrt.

Nachdem also das 1" dicke Hufeisen durch den Anker geschlossen war, wurde dasselbe wieder so weit der Bussole genähert, dafs dieselbe, während die Nadel durch den



Strom allein auf 7° abgelenkt wurde, auf Null stand. Auch jetzt blieb dieselbe auf Null bei einer Steigerung der Stromstärke auf 26°. Hieraus läfst sich schliefsen, dafs für den Fall, wo die Anziehung nicht mehr dem Quadrate des Stromes proportional wächst, auch das geschlossene Hufeisen die Nadel nicht auf Null halten wird. Ist nun ferner der schon längst von Magnus ausgesprochene Satz [1]) richtig, dafs durch Auflegen des Ankers mehr Magnetismus entwickelt und dadurch das Maximum desselben bei gleichem Strom *eher* hervortreten wird als bei ungeschlossenem Magneten, so mufs das $\frac{1}{2}$" dicke Hufeisen, wenn es geschlossen ist, die Nadel mehr abweichen lassen, als da es nicht geschlossen war. In der That wich die Nadel, während sie früher bei dem Steigen des Stromes von 7° auf 26°, von 0° auf 3° gegangen war, jetzt von 0° auf 10° ab.

Ein Versuch mit dem $\frac{3}{4}$" dicken Hufeisen von derselben Form wie jene, gab folgende Resultate. Wurde das Hufeisen durch einen Strom, der die Nadel auf 2° ablenkte, magnetisirt und dann der Bussole mit dem geeigneten Pole so lange genähert bis die Nadel auf Null stand, so blieb dieselbe auf 0°, wenn der Strom auf 32° erhöht wurde. Darauf ward bei 2° Stromstärke der Anker so aufgelegt, dafs er auf der der Nadel zugekehrten Seite nicht über den Schenkel des Hufeisens hervorstand (weil sich sonst an dem vorstehenden Stück ein entgegengesetzter Pol bildet, der die Nadel sogleich weit ablenkt), und nun die Nadel durch Näherrücken des Hufeisens wieder auf Null gebracht. Als sich jetzt der Strom auf 32° erhöhte, wich die Nadel auf $7\frac{1}{2}$° nach der Seite hin ab, wohin sie durch den Strom getrieben wurde. Der Magnetismus war also in diesem Falle nicht mehr der Stromstärke proportional, sondern es war schon Sättigung eingetreten. Die Nadel kam erst wieder auf 0°, als der Strom bis auf 16° erniedrigt war.

Diese Methode bietet auch ein gutes Mittel dar, zu prüfen, ob das von Müller aufgestellte Gesetz [2]): *Um*

1) Pogg. Ann. Bd. 38, S. 434.
2) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 341.

in verschieden dicken Eisenstäben denselben aliquoten Theil ihres magnetischen Maximums zu erzeugen, mufs man Ströme anwenden, die sich verhalten wie die Quadratwurzel aus der dritten Potenz der Halbmesser, richtig ist. Es bedarf nur Spiralen von starkem Draht, um den Strom nach Belieben steigern zu können. Man kann dann für die verschieden dicken Stäbe beobachten, bei welcher Stromstärke die Nadel von 0° abweicht.

Nachdem es nun durch das Experiment fest stand, was freilich *a priori* auch schon geschlossen werden konnte, dafs man den freien Magnetismus der Hufeisenmagnete ebenso wie den der Stäbe durch die Ablenkung der Nadel prüfen könne; bedurfte es nur weniger Versuche, um die Wirkung derselben festzustellen.

In der folgenden Tabelle findet sich kein tg*s*, weil die Wirkung der Spirale für sich in der angewandten Stellung so gering war, dafs sie nicht an der Nadel bemerkt wurde.

10. **Hufeisen mit 6 zöll. Schenkeln durch 336 Windungen bei $22\frac{1}{2}$° Stromstärke magnetisirt.**

Durchmesser der Magnete	b	tg b	$\sqrt{d}$	$\frac{\text{tg}\, b}{\sqrt{d}}$
$\frac{3}{4}$"	27°	0,5095	1,732	295
1	31	0,60086	2	300
$1\frac{1}{2}$	37	0,75355	2,45	308
2	41	0,8693	2,828	307

Diese Versuche zeigen aufs Genauste, *dafs der freie Magnetismus der Hufeisen sich ebenfalls wie die Wurzeln der Kerndurchmesser verhalte.*

Aus diesen Versuchen, wie aus allen vorangegangenen Beobachtungen, mufs wohl mit Gewifsheit gefolgert werden, dafs sich die Anziehung wie die Durchmesser der Hufeisen verhalte.

Es wurden nun mit den Hufeisen, welche in No. 10. angewandt waren, Versuche der Anziehung gemacht.

II. Anziehung der Hufeisen-Elektromagnete mit 6" langen Schenkeln.

Hufeisen	¾" dick	1" dick	1½" dick	2" dick
Strom 10°	0,15 Pfd.	0,7 Pfd.	1,1 Pfd.	1,6 Pfd.
Strom 14½	0,9 »	1,4 »	2 »	3 »

Wir finden hier im Ganzen das Verhältnifs der Durchmesser bei einer Wirkung auf den Anker in $\frac{1}{16}$" Entfernung von dem Hufeisen. Die Resultate der dünneren Kerne sind etwas zu klein, was jedoch seinen Grund darin hat, dafs bei ihnen die Polflächen weniger genau in einer Ebene lagen als bei den stärkeren. Da nun dergleichen Fehler schon bei der Anziehung auftraten, so hätten sie noch bedeutender hervortreten müssen, wenn in dieser Weise die Tragkraft gemessen worden wäre. Um daher hier genauere Resultate zu erhalten, als in jener Weise zu erwarten waren, wurden an die cylinderischen Anker sphärische Eisenstücke angeschraubt, so dafs der Anker den Magneten in Art eines Hufeisens an jedem Pole in *einem* Punkte berührte. Es wurde also auch an Hufeisen die Form der Kugeln als Anker angewendet.

Die Tragkraft der beiden 2" und 1" dicken Hufeisen, deren Schenkel 12" lang sind, ergab sich: 8,4 Pfd. und 4,6 Pfd. Wir bemerken hier, im Gegensatz zu denen in No. 11., wieder ein Abweichen zu Gunsten des schwächeren Magneten; allein das Verhältnifs der Durchmesser ist doch nicht zu verkennen. Nehmen wir diese mit allen früheren Beobachtungen zusammen, so führen sie uns zu dem Resultat:

Die Anziehung und Tragkraft verhalten sich wie die Durchmesser der Magnete.

IV. Form und Gröfse der Hufeisen.

Ein wichtiges Ziel sämmtlicher Untersuchungen in Bezug auf Elektromagnete ist ohne Zweifel die Lösung der Frage: *Welche Anziehung übt ein Elektromagnet bei bestimmten Dimensionen?*

Dieses Ziel würde als erreicht angesehen werden müs-

sen, wenn man im Stande wäre, aus dem Magnetismus eines Magneten von beliebiger Construction den eines anderen zu bestimmen.

Alle vorangehenden Versuche haben gezeigt, dafs bei Hufeisen dieselben Gesetze gelten wie bei Stäben. Diese Gesetze beziehen sich bei Ankern von geeigneter Form und Masse, auf die Windungszahl der magnetisirenden Spirale, auf die Stromstärke und auf den Durchmesser der Eisenkerne. Es bleibt noch die wichtige Frage über die Länge und Form der Eisenkerne zu erörtern.

Was die *Länge* der *Stäbe* anbetrifft, so fanden Lenz und Jacobi:

Der Magnetismus der Endflächen bei Elektromagneten, die ihrer ganzen Länge nach mit elektromagnetischen Spiralen bedeckt sind, ist von der Länge dieser Stangen unabhängig und bei gleichen Strömen nur bedingt durch die Anzahl der darauf befindlichen Windungen [1]).

Im Widerspruch hiermit habe ich gefunden [2]):

1) *Bei sonst gleichen Verhältnissen wächst die Anziehung in Berührung wie in Entfernung mit der Länge der Eisenkerne* [3]).

2) *Die Anziehung ist um so gröfser, je mehr alle Windungen an der Berührungsfläche aufgehäuft sind.*

Wir werden in der Folge sehen, welchen Grund es gehabt, dafs Lenz und Jacobi die Sache nicht so gefunden haben.

Man könnte nun den Schlufs machen, dafs in Bezug auf die Hufeisen dasselbe stattfinden werde, wie bei Stäben, wenn es nicht gerade in Bezug auf die Länge etwas ganz Anderes wäre, ob der Magnet mit dem Anker *einen Stab*, oder ob er einen geschlossenen Kreis bildet. Setzt man auf einen Stabmagneten einen zweiten Stab oder eine Ku-

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 268.

2) Meine Untersuchung über die anziehende Wirkung der Elektromagnete Pogg. Ann. Bd. 81, S. 49 u. 50.

3) Niklès findet neuerdings diesen Satz bestätigt: *American Journal* No. 43, Jan. 1853, *p.* 104.

gel als Anker, so wird die Vertheilung des Magnetismus im Stabe eine andere, der Nullpunkt wird aus seiner Stelle gerückt, und diefs mufs einen Einflufs auf den wirksamen Pol haben. Aehnliches geschieht, wenn man die magnetisirende Spirale dem Pole nähert. Legt man dagegen einen Anker auf das *Hufeisen*, oder verrückt bei diesem die Spiralen, wenn sie nicht die Schenkel ganz bedecken, so findet nicht in *der* Weise wie beim Stabe eine Veränderung in dem magnetischen Zustande des ganzen Kreises statt. Die Erscheinung beim Hufeisen würde mehr, wenn auch nicht ganz, einer solchen Einrichtung am Stabe analog seyn, wo die Spiralen nach beiden Polen hin auseinander gerückt würden. Hierzu kommt, dafs J. Müller in seinen Untersuchungen über die Tragkraft der Hufeisen findet [1]):

1) *Die Länge der Schenkel des Elektromagneten (eines hufeisenförmigen nämlich) hat unter übrigens gleichen Umständen keinen Einflufs auf die Tragkraft derselben.*

2) *Wenn um ein Uförmig gebogenes Eisen ein galvanischer Strom in einer bestimmten Anzahl Windungen herumgeführt wird, so erlangt es dieselbe Tragkraft, mögen nun diese Windungen die ganze Länge der Schenkel bedecken, oder nur über einen Theil derselben in mehreren Lagen übereinander liegen.*

3) *Auch ist es gleichgültig, an welcher Stelle der Schenkel die Spiralen angebracht sind.*

Da diese Resultate mit denen von mir bei *Stäben* gefundenen im Widerspruch stehen, so entschlofs ich mich die Wirkung der Hufeisen von verschiedener Einrichtung näher zu untersuchen. Verstehen wir unter Einrichtung sowohl die verschiedene Form, welche das Hufeisen haben kann, als auch die Vertheilung der Spiralen auf den Schenkeln desselben, so stellen sich mehrere Punkte heraus, welche auf experimentellem Wege zu erörtern sind. Die Veränderung in der Form des Hufeisens liegt im Wesentlichen darin, dafs man einen Stab von derselben Länge so biegt, dafs die Schenkel dicht zusammen und also möglichst

1) Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik I., S. 531.

lang, oder weiter von einander entfernt und dann kürzer sind. Da nun gewöhnlich das Verbindungsstück beider Schenkel nicht mit der Spirale umgeben ist, und also, wenn aus demselben Stabe lange oder kurze Schenkel gefertigt werden, dieselben Spiralen einmal die Schenkel fast ganz bedecken werden, während sie im anderen Falle nur einen geringeren Theil derselben umgeben, so fragt es sich hier wieder, einerseits ob es gleichgültig ist, dafs die Schenkel ganz mit der magnetisirenden Spirale bedeckt seyen oder nicht, andererseits, wenn sie es nicht sind, wo die Spiralen am vortheilhaftesten anzubringen sind.

Es wurden somit folgende vier Fragen experimentell geprüft:

1) »Ist es gleichgültig, ob die Spirale den Kern der ganzen Länge nach umgiebt, oder ob die Windungen an einem bestimmten Punkte aufgehäuft sind?«

2) »Ist es gleichgültig, an welcher Stelle der Schenkel sich die Spiralen befinden?«

3) »Welchen Einflufs hat die Entfernung der Schenkel bei gleicher Länge derselben?«

4) »Welchen Einflufs hat unter sonst gleichen Umständen die Verlängerung der Schenkel?«

1. Ist es gleichgültig, ob die Spirale den Kern der ganzen Länge nach umgiebt, oder ob die Windungen an einem bestimmten Punkte angehäuft sind?

Wie früher bei den Versuchen mit den Stabmagneten, so wurden auch hier nicht verschiedene Spiralen, welche verschieden gewickelt waren, sondern eine oder mehrere gleiche auf dem Kern an einander gereiht, und dann jedesmal die Stromstärke in dem Grade erniedrigt oder erhöht, als mehr oder weniger dieser Spiralen angewandt wurden. Jede der benutzten Spiralen hat 56 Windungen, welche nebeneinander in richtiger Weise verbunden werden, so dafs sie *einer* Spirale gleich zu rechnen sind. Da jede der einzelnen Spiralen $1\frac{3}{4}''$ lang ist, so können deren drei auf jedem 6" langen Schenkel des Hufeisens angebracht werden, wogegen das Hufeisen, dessen Schenkel 12" lang sind, auf

jedem sechs solcher Spiralen fafst. Hieraus ergiebt sich, dafs das 12″ lange Hufeisen im Ganzen zwölf solcher Spiralen = 672 Windungen, dagegen das, dessen Schenkel nur 6″ lang sind, sechs Spiralen = 336 Windungen hat.

Es wurden folgende vier Hufeisen geprüft:

1.	Die Schenkel	6″	lang	1″	dick
2.	»	6″	»	2″	»
3.	»	12″	»	1″	»
4.	»	12″	»	2″	»

Die Entfernung der Schenkel betrug bei allen $3\frac{1}{2}$″ von Mitte zu Mitte derselben.

Zuerst wurde der Strom durch alle zwölf Spiralen = 672 Windungen der 12 zölligen Schenkel gesandt, mit einer Stärke, welche die Nadel auf 5° ablenkte. Dann wurden die drei untersten Spiralen auf jedem Schenkel ausgeschaltet und der Strom auf 10° erhöht, d. h. es wurde bei halber Windungszahl doppelter Strom angewandt, was dasselbe ist, als ob ich die Windungen auf die halbe Länge zusammenschiebe. Darauf wurden bei allen vier Hufeisen vier Spiralen (auf jedem Schenkel 2 = 224 Windungen) angewandt und diese durch einen Strom von 15° erregt. Endlich blieben auf jedem Schenkel nur die beiden Spiralen, welche dem Pol am nächsten sind und 112 Windungen haben mit einem Strom von 28°. Durch alle diese Zusammenstellungen wurde stets dieselbe magnetisirende Kraft erhalten. Wir finden folgendes Resultat:

12.

			Magnet.			
			1.	2.	3.	4.
672 Wind. am Pol		Strom 5°			1,8 Pfd.	6,2 Pfd.
336	—	» 10°	2 Pfd.	6,2 Pfd.	2,2 »	6,4 »
224	—	» 15°	2,3 »	7,1 »	2,4 »	7,2 »
112	—	» 28°	2,7 »	7,8 »	2,7 »	8 »

Die Messungen sind bei einer Zwischenlage von einem Stück Bristolpapier zwischen Anker und Magnet angestellt. Sie zeigen eine regelmäfsige Zunahme der Anziehung beim Zusammenschieben der Spirale nach dem Pole hin, ganz

in der Weise, wie diefs von mir bei den Stäben ebenfalls beobachtet worden ist [1]). Es war kein Zweifel, dafs diese Erscheinung sich auch in Bezug auf die Tragkraft zeigen müsse. Es wurde daher in dieser Hinsicht nur mit einem Magneten folgender Versuch angestellt:

13. Tragkraft des 1" starken Magneten mit 12" langen Schenkeln.

672	Windungen am Pol	2°	Stromstärke	7	Pfd.
336	—	4°	»	8,8	»
224	—	6°	»	10,2	»
112	—	$11\frac{1}{2}$°	»	14	»

Dieser Versuch ergiebt eine noch gröfsere Kraft bei Annäherung der Spiralen an den Pol. Wir müssen uns daher unbedingt für den Satz erklären:

Die Anziehung wie die Tragkraft vergröfsern sich sowohl bei Stäben als bei Hufeisen, je mehr sämmtliche Spiralwindungen an dem Pole zusammengehäuft werden.

Bei der Untersuchung desselben Satzes an Stabmagneten [2]) fand ich eine Gränze dieser Zunahme bei Annäherung sämmtlicher Windungen an den Pol. Die jetzigen Untersuchungen zeigten ebenfalls diese Gränze, allein nur in dem Falle, wenn durch die grofse Anzahl von Windungen an der Stelle des Kerns, wo sie sich befanden, Sättigung eingetreten war. Derselbe Grund hat sicherlich auch bei den Stäben die Erscheinung hervorgerufen, so dafs auch dort die Beschränkung wegzulassen ist, wenn man überhaupt festhält, dafs alle diese Sätze nur bis zu dem Punkte gelten, wo in Folge der Sättigung nur eine verringerte oder gar keine Zunahme des Magnetismus mehr hervortritt. Diefs ist wohl zu beachten, da es zeigt, dafs obiger Satz mehr theoretische als praktische Wichtigkeit hat. Er ist wichtig um andere Resultate daraus zu er-

1) Ueber die anziehende Wirkung der Stab-Elektromagnete, Pogg. Ann. Bd. 81, S. 49, ist von mir beobachtet: »Die Anziehung ist, bei sonst gleichen Verhältnissen, um so gröfser, je näher alle Windungen an der Berührungsfläche angehäuft sind.

2) Pogg. Ann. Bd. 81, S. 49.

klären, allein es ist nicht rathsam sämmtliche Windungen um den Pol anzuhäufen, wenn man beabsichtigt den Strom nach Belieben zu steigern. Man würde es bei Weitem nicht in so hohem Maafse im Stande seyn, als wenn die Windungen über den ganzen Kern ausgebreitet sind.

Wenn nun eine Annäherung der Spirale an den Pol gröfsere Anziehung giebt, als wenn sie über den ganzen Kern ausgebreitet ist, so fragt es sich ferner, ob die Windungen nicht, an einer andern Stelle zusammengeschoben, ebenso oder noch vortheilhafter wirken.

Es wurde also untersucht:

2. Ist es gleichgültig, an welcher Stelle der Schenkel sich die Spirale befindet?

J. Müller beantwortet auch diese Frage bejahend, hat jedoch keine Versuche darüber angeführt. Die von mir gemachten Beobachtungen widersprechen seiner Behauptung aufs Entschiedenste.

Zuerst wurden 1, 2 und 3 meiner Spiralen auf den 12zölligen Schenkeln des 1″ dicken Hufeisens von der gröfsten Entfernung vom Pol bis dicht an denselben herangeschoben. Es zeigten sich folgende Resultate, wenn der Anker $\frac{1}{16}$″ von den Polen entfernt gehalten wurde:

14. Anziehung des Hufeisens mit 12zölligen Schenkeln von 1″ Durchmesser bei verschiedener Entfernung der Spiralen vom Pol. 20° Stromstärke.

Entfernung d. Spiralen v. Pol.	3 Spiralen.	2 Spiralen.	1 Spirale.
$6\frac{1}{2}$″	1,5 Pfd.	0,84 Pfd.	0,23 Pfd.
$4\frac{3}{4}$	1,7 »	0,87 »	0,24 »
3	1,85 »	1 »	0,27 »
$1\frac{1}{4}$	2,1 »	1,08 »	0,34 »
$\frac{1}{2}$	2,1 »	1,12 »	0,36 »

Diese Reihen ergeben eine regelmäfsige Zunahme der Anziehungskraft bei Annäherung der Spiralen an den Pol.

Es war nun zu zeigen, dafs einerseits dasselbe bei anderen Dimensionen hinsichtlich der Länge und Dicke, anderer-

dererseits in Bezug auf die Tragkraft stattfinde. Zu dem Zweck wurden noch folgende Versuchsreihen angestellt.

No 15 enthält Versuche mit $\frac{1}{2}''$, 1″ und 2″ dicken Schenkeln von 12″ Länge bei einer Stromstärke von 20°.

No. 16 zeigt die Zunahme der Anziehung bei Hufeisen mit 6″ langen Schenkeln, wenn *eine* Spirale von ihrer gröfsten Entfernung vom Pol bis nahe an denselben gerückt wurde.

No. 17 giebt die Tragkraft des 2″ starken Hufeisens, dessen Schenkel 12″ lang sind, mit einer Spirale, welche durch eine Stromstärke von 6° erregt wurde.

15.

Entfernung der Spirale vom Pol.	Magnet		
	$\frac{1}{2}''$ dick.	1″ dick.	2″ dick.
$6\frac{1}{2}''$	0,29 Pfd.	1,5 Pfd.	4,5 Pfd.
$4\frac{3}{4}$	0,37 »	1,7 »	4,9 »
3	0,48 »	1,9 »	5,2 »
$1\frac{1}{4}$	0,7 »	2,1 »	5,8 »
$\frac{1}{4}$	0,75 »	2,1 »	6 »

Diese Versuche, wie die in No. 12, sind nicht in Hinsicht auf ihren Durchmesser mit einander zu vergleichen, da nicht in allen Fällen die Polflächen gleich gut in einer Ebene lagen.

16. Hufeisen mit 6″ langen Schenkeln.

Entfernung d. Spirale vom Pol.	$1\frac{1}{2}''$ dick.	$\frac{3}{4}''$ dick.
4″	3,3 Pfd.	0,67 Pfd.
$2\frac{1}{2}$	3,4 »	0,7 »
$\frac{3}{4}$	3,5 »	0,9 »

Diese beiden Reihen zeigen eine geringere Zunahme der Anziehung, worin vielleicht der Grund liegt, dafs J. Müller die Resultate für gleich gehalten hat, da die von ihm angewandten Hufeisen die Länge von 6″ nicht überstiegen. Auch finde ich bei der Tragkraft, welche Müller nur gemessen, die Zunahme weniger grofs als bei der Anziehung, weshalb denn auch durch Versuchsfehler diefs geringere Anwachsen ganz verdeckt werden konnte.

17. **Tragkraft des 2″ starken Hufeisens mit 12″ langen Schenkeln, magnetisirt durch zwei Spiralen von 56 Windungen bei 6° Stromstärke.**

Entfernung vom Pol.	Tragkraft.
10″	13 Pfd.
8	13 »
6	14 »
4	14,5 »
2	15 »
½	16 »

Auch bei der Tragkraft finden wir die Zunahme bei Annäherung der Spirale an den Pol, so dafs uns sämmtliche Versuche zu dem Satze führen:

Die Anziehung und Tragkraft ist um so gröfser, je näher die Spirale den Polen des Magneten ist.

3. Welchen Einflufs hat die verschiedene Entfernung der Schenkel des Hufeisens von einander bei gleicher Länge derselben?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden Hufeisen von ganz verschiedener Construction gewählt. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Entfernung der Schenkel					
	5¼″	4½″	4″	3½″	3″	2½″
No. 1.	2,8 Pfd.	2,7 Pfd.	2,7 Pfd.	2,75 Pfd.	2,75 Pfd.	2,7 Pfd.
» 2.	1,97 »	1,95 »	1,95 »	1,95 »	1,9 »	1,95 »
» 3.	1,8 »	1,8 »	1,8 »	1,8 »	1,8 »	1,85 »
» 4.	1,55 »		1,55 »		1,5 »	1,5 »
» 5.	1,8 »			1,75 »		1,7 »
» 6.	4,5 »		4,4 »			4,4 »
» 7.	13 »		13½ »			13 »

In No. 1 sind die Versuche angegeben mit dem 2″ dicken Hufeisen, dessen Schenkel 6″ lang sind. Zwischen Anker und Magnet lag ein $\frac{1}{8}$″ dickes Brettchen.

No. 2 enthält Messungen mit demselben Magneten, allein statt des zweizölligen Ankers wurde der $\frac{3}{4}$″ dicke angewandt.

No. 3. Dieselben 2″ dicken Schenkel sind auf ein dünneres Verbindungsstück geschraubt, dessen Höhe nur $\frac{5}{8}$″ ist.

No. 4. Auf das Verbindungsstück in No. 3 wurden statt der 2" dicken Schenkel $\frac{3}{4}$" dicke aufgesetzt. Der Anker wurde jetzt in $\frac{1}{16}$" Entfernung gehalten.

No. 5. Statt der $\frac{3}{4}$" dicken Schenkel wurden 2" dicke 12" lange genommen. Der Anker war wieder $\frac{1}{8}$" vom Pol entfernt.

No. 6. Dieselbe Combination wie die vorige, nur statt des zuletzt angewandten Verbindungsstücks wurde wieder das $1\frac{5}{8}$" dicke 2" breite, welches in No. 1 und 2 gebraucht war, benutzt.

Bei allen diesen Versuchen war die erregende Stromstärke 20°. Jetzt wurde in No. 7 ein Versuch der Tragkraft gemacht, mit dem 1" dicken Hufeisen, dessen Schenkel 12" lang sind. Sie waren mit 672 Windungen ihrer ganzen Länge nach umgeben und wurden durch eine Stromstärke von 4° magnetisirt.

Alle diese Reihen zeigen aufs Klarste den Satz:

Die Anziehung wie die Tragkraft bleibt dieselbe bei jeder beliebigen Entfernung, aber gleicher Länge der Schenkel.

Der Grund dieser Erscheinung liegt unzweifelhaft darin, dafs zwei entgegengesetzte Wirkungen einander aufheben. Wir haben früher gesehen, dafs Verlängerung des Eisenkerns Vergröfserung der Anziehung bewirkt, andererseits steht es fest, dafs die beiden Schenkel um so mehr auf einander einwirken, je näher sie einander sind. Nähere ich nun die Schenkel einander, so verstärken sie sich gegenseitig mehr als zuvor, allein die Menge des magnetischen Eisens ist um soviel geringer, als das Verbindungsstück und der Anker, welche zwischen den beiden Polen sich befinden, kürzer geworden sind. Das Umgekehrte findet statt bei Entfernung der Schenkel von einander.

4. Welchen Einflufs hat die Verlängerung der Schenkel des Hufeisens?

Wir haben vorn gesehen, dafs Lenz und Jacobi finden, die Länge der Stab-Elektromagnete sey ohne Einflufs auf den Magnetismus der Endflächen. Es ist mir stets un-

erklärlich gewesen, wie sie zu diesem Resultat gekommen sind, da sämmtliche von mir angestellten Versuche damit in directem Widerspruch stehen. In neuester Zeit giebt aber ein von Niklès im Institut veröffentlichter Aufsatz darüber Aufschlufs [1]). Niklès behauptet nämlich, Lenz und Jacobi hätten mit *Hufeisen* experimentirt. Obgleich nun von den Experimentatoren die Sache nicht so angesehen wird, so ist in der That die Anordnung des Experiments der Art, dafs man die dort [2]) gefundenen Resultate als durch Versuche mit Hufeisen erhalten ansehen mufs. Es werden nämlich zwei Eisenstäbe einander parallel befestigt, durch die sie umgebenden Spiralen in entgegengesetzter Richtung magnetisirt und auf beiden Enden mittelst Anker verbunden. Diese Anker, welche kurze Hufeisen und deren Schenkel mit Inductionsspiralen umgeben sind, wurden dann gleichzeitig abgerissen, und die dabei entstehenden Inductionsströme gemessen. Nun ist es aber für die Wirkung auf jeden einzelnen Anker gewifs gleichgültig, ob zu derselben Zeit auch der andere abgerissen wird oder nicht. Jeder ist so afficirt, wie wenn das ganze System ein Hufeisen gewesen wäre. Somit ist es allerdings erklärt, warum Lenz und Jacobi die Länge der Magnete ohne Einflufs finden, wenn der von Müller ausgesprochene Satz richtig ist, *dafs die Länge der Schenkel eines Hufeisens ohne Einflufs ist.*

Zur experimentellen Prüfung dieses Satzes wurden sämmt-

1) Im Institut vom 8. Dec. 1852 heifst es in Niklès Aufsatz S. 397: *»Mr. Niklès a été conduit à ce système d'électro-aimants par des recherches dans le but de savoir, si l'allongement des branches d'un électro-aimant exerce de l'influence sur les poids portés, Mr. Dub repond affirmativement; Mrs. Lenz et Jacobi et Mr. Müller de Fribourg n'admettent pas cette influence. Mr. Niklès explique cette contradiction en faisant voir que l'allongement n'a d'influence que sur les électro-aimants rectilignes, condition dans laquelle Mr. Dub a opéré, et que cette influence est nulle chez les aimants en fer à cheval, la seule forme d'aimants avec laquelle Mr. Müller et Mrs. Lenz et Jacobi aient expérimenté.«*

2) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 266.

liche mir zu Gebote stehenden Hufeisen von $\frac{1}{2}''$, 1" und 2" Dicke untersucht. Ich führe hier die Resultate mit den 1" und 2" dicken Magneten auf. Bei allen umgab dieselbe magnetisirende Kraft die Schenkel ihrer ganzen Länge nach. Der Anker wurde vom Magnet in $\frac{1}{16}''$ Entfernung gehalten.

18. Anziehung 1" dicker Magnete von verschiedener Länge.

Länge der Schenkel.	Zahl der Windungen.	Stromstärke.	Anziehung.
4"	224	$28\frac{1}{2}$°	2,2 Pfd.
6	336	20	2,1 »
9	448	$13\frac{1}{2}$	2,2 »
12	672	$10\frac{1}{2}$	2,1 »

19. Anziehung 2" dicker Magnete von 6" und 12" Länge. Stromstärke 20°.

	Magnet 6" lange Schenkel.	Magnet 12" lange Schenkel.
Anziehung:	5,8 Pfd.	5,6 Pfd.

Bei dem letzten Versuche wurde die Spirale wirklich je nach der Länge der Kerne weiter ausgebreitet oder zusammengeschoben, während der Strom derselbe blieb. Die Abweichungen, welche sich bei der Anziehung zeigen, sind unbedingt auf die Versuchsfehler zu rechnen, und wir müssen uns hiernach für den von J. Müller ausgesprochenen und auch neuerdings von Niklès gefundenen Satz erklären:

Die Länge der Schenkel eines Hufeisens hat keinen Einflufs auf die Anziehung desselben, wenn die Windungen der Spirale es seiner ganzen Länge nach umgeben.

Hierbei ist jedoch das S. 25 Gesagte zu berücksichtigen, dafs bei derselben Windungszahl und demselben Strom um so eher Sättigung eintreten mufs, je kürzer die Schenkel sind; da, um mit Feilitzsch zu sprechen, derselbe Querschnitt um so mehr magnetisirte Theile hat, je mehr Windungen ihn umgeben. —

Diese vier zuletzt gefundenen Sätze geben gegenseitig über einander Aufschlufs, so wie sie auch aufs Vollkom-

menste mit den von mir bei Stäben gefundenen Sätzen in Einklang stehen. Sie erlangen dadurch um so mehr Wahrscheinlichkeit, dafs eine theoretische Betrachtung, nach Annahme eines der Sätze, die übrigen als nothwendig herausstellt.

Es war bisher von mir gefunden:

1) *Die Anziehung ist um so gröfser, je näher alle Windungen an dem Pole angehäuft sind.*

2) *Die Anziehung nimmt zu bei Verlängerung des Eisenkerns, wie überhaupt bei Vergröfserung der Eisenmasse.*

Aus diesen Sätzen lassen sich aber die vier vorn gefundenen mit ziemlicher Sicherheit schliefsen. Es ist gewifs höchst wahrscheinlich, dafs, wenn bei den Stabmagneten eine Anhäufung der Spirale an den Polen Vermehrung der Anziehung giebt, diefs sich auch bei den Hufeisen zeigen werde. Wenn nun aber eine Verkürzung des Kerns die Anziehung verringert, dagegen ein Anhäufen der Spirale am Pol dieselbe vermehrt, so ist es nicht unwahrscheinlich, dafs diese Wirkungen einander aufheben. Wäre dagegen der Müller'sche Satz richtig, dafs die Spirale dieselbe Wirkung hat, mag sie sich befinden, wo sie wolle, so ist nicht einzusehen, warum ein längerer Kern nicht mehr wirken soll als ein kurzer, da diefs doch bei den Stabmagneten der Fall ist. Wenn ferner die beiden Schenkel eines Hufeisens einander gegenseitig verstärken, was von Niemand in Abrede gestellt wird, so mufs diese Wirkung um so gröfser seyn, je näher dieselben einander sind. Es müfste also, wenn die Verlängerung des Kerns keinen Einflufs übte, die Anziehung zunehmen bei Annäherung der Schenkel.

Wir finden also in den meisten Fällen Uebereinstimmung der Wirkung der *Hufeisen* mit denen der *Stäbe*; für die Fälle aber, wo die Erscheinungen bei Hufeisen von denen bei Stäben abweichen, zeigt sich das bemerkenswerthe Resultat, *dafs die Hufeisenanziehung einfachere Erscheinungen darbietet, als die der Stäbe.*

So sind wir denn auf dem Punkte angelangt, dafs wir den Magnetismus und auch die Anziehung und Tragkraft

derjenigen Art von Elektromagneten zu bestimmen im Stande sind, welche bisher für die complicirteste gehalten wurde. Wir sind es im Stande für den Fall, dafs ein cylinderischer, oder noch besser, kugelförmiger Anker angewandt wird; allein es sind noch nicht die Schwierigkeiten gehoben, welche eine andere Form der Berührungsfläche bietet.

Eine der wichtigsten für jetzt zu lösenden Aufgaben ist mithin ohne Zweifel die Auffindung eines umfassenden Gesetzes über die Wirkung verschieden geformter Anker.

Stellen wir schliefslich die Ergebnisse der vorliegenden, so wie der früher von mir mit Hufeisen gemachten Untersuchung zusammen, so finden wir:

1) »*Die Anziehung der Hufeisen-Elektromagnete verhält sich, bei gleicher Windungszahl der elektromagnetischen Spirale, wie die Quadrate der magnetisirenden Stromesintensitäten.*«

2) »*Die Anziehung der Hufeisen verhält sich, bei gleichem Strom, wie die Quadrate der Windungszahlen der magnetisirenden Spirale.*«

3) »*Die Anziehung der Hufeisen verhält sich wie das Quadrat der Stromstärke multiplicirt mit dem Quadrat der Windungszahl.*«

Da sich nun auch fand, dafs die Tragkraft in demselben Verhältnifs bei Hufeisen wie bei Stäben wächst, so ergiebt sich als wichtigstes Gesetz des Elektromagnetismus überhaupt:

»*Die Anziehung und Tragkraft sowohl der Stab- als Hufeisenelektromagnete verhält sich wie das Quadrat der Stromstärke multiplicirt mit Quadrat der Windungszahl.*«

4) »*Der Magnetismus massiver Eisencylinder von gleicher Länge, die durch galvanische Ströme von gleicher Stärke und durch Spiralen von einer gleichen Anzahl den Kern eng umschliefsender Windungen magnetisirt sind, ist den Wurzeln der Durchmesser dieser Cylinder genau proportional.*«

5) »*Für den Fall, dafs die Berührungsfläche nicht die Er-*



scheinung trübt, verhält sich die Anziehung und die Tragkraft, bei gleicher magnetisirender Kraft, wie die Durchmesser der Stab- und Hufeisen-Elektromagnete.

6) *Die Anziehung der Stab- und Hufeisen-Elektromagnete nimmt, bei gleicher magnetisirender Kraft, zu, je näher sämmtliche Spiralwindungen dem Pole sind.*

Hierbei ist jedoch zu beachten, daſs bei Anhäufung der Spirale auf einen kleinen Raum, viel eher Sättigung eintritt, als wenn dieselbe über den ganzen Kern verbreitet ist.

7) *Die Anziehung wie die Tragkraft der Hufeisen-Elektromagnete bleibt,* caeteris paribus, *dieselbe bei jeder beliebigen Entfernung der Schenkel.*

Endlich habe ich den, wie sich herausgestellt hat, schon von Lenz und Jacobi beobachteten, doch erst von J. Müller ausgesprochenen Satz bestätigt gefunden:

8) *»Die Länge der Schenkel eines Hufeisens hat keinen Einfluſs auf die Anziehung und Tragkraft desselben, wenn die Windungen der Spirale es seiner ganzen Länge nach umgeben.«*

V. *Bemerkungen über die Niobsäure, die Pelopsäure und die Tantalsäure; von Heinr. Rose.*

Ich habe vor mehreren Jahren auf die Unterschiede aufmerksam gemacht, welche in dem Verhalten der Säuren des Tantals, des Pelops und des Niobs gegen Reagentien stattfinden [1]). Es ging daraus hervor, daſs diese drei Säuren zwar in vieler Hinsicht, namentlich in ihrem Verhalten gegen Natron, eine gewisse Aehnlichkeit besitzen, daſs aber die Unterschiede in so vieler anderer Hinsicht so wesentliche waren, daſs an einer Eigenthümlichkeit derselben nicht im Mindesten zu zweifeln sey.

1) Pogg. Ann. Bd. 69, S. 115.

Nach dieser Zeit haben wir, Hr. Weber und ich, uns fortwährend mit diesem Gegenstande beschäftigt, besonders um mit Genauigkeit die Atomgewichte dieser Säuren zu bestimmen und ihre wichtigsten Verbindungen darzustellen. Es zeigten sich dabei Schwierigkeiten, wie sie wohl bei den Untersuchungen anderer Substanzen so leicht nicht stattfinden können. Endlich sind wir dabei auf Resultate gekommen, die wir nicht erwarten konnten, und die wir, da die Untersuchungen noch lange nicht vollendet sind, nur zum kleinsten Theile jetzt mittheilen.

In meinen früheren Abhandlungen habe ich darauf aufmerksam gemacht, dafs die Pelopsäure eine grofse Aehnlichkeit mit der Tantalsäure zeigt, so dafs ich mich erst nach einer langen, anhaltenden und gründlichen Untersuchung entschliefsen konnte, sie für eine von der Tantalsäure bestimmt verschiedene metallische Säure zu halten. Sie unterscheidet sich hingegen weit mehr von der Niobsäure, mit welcher sie gemeinschaftlich aus dem Columbit von Baiern und von Nordamerika erhalten wird.

Dafs die Tantalsäure bestimmt von der Pelopsäure verschieden ist, haben wir uns durch fortgesetzte Untersuchungen vollkommen überzeugt. Aber zwischen der Pelopsäure und der Niobsäure haben wir endlich einen merkwürdigen und unerwarteten Zusammenhang gefunden.

Es wurden die beiden Säuren früher aus den ihnen entsprechenden Chloriden durch Zersetzung vermittelst Wassers dargestellt, da andere Trennungsarten sich nicht als vortheilhaft bewährten. Nachdem die aus den Columbiten erhaltene Säure mit Kohle gemengt worden war, wurde das Gemenge in einer Glasröhre erhitzt, während Chlorgas darüber geleitet wurde. Ich habe in mehreren meiner früheren Abhandlungen darauf aufmerksam gemacht, mit welchen Schwierigkeiten die Trennung des leichter flüchtigen Pelopchlorids von dem schwerer flüchtigen Niobchlorid durch allmäliges gelindes Erhitzen sey, und bemerkte, dafs die Umwandlung der Säure in Chlorid wohl 20 bis 30 Mal wiederholt werden mufste, um die bei-

den Chloride in einem einigermafsen reinen Zustande zu erhalten.

Je öfterer in späteren Zeiten die Erzeugung der Säuren aus den Chloriden wiederholt wurde, desto mehr mufste es uns bei dieser Gelegenheit auffallend seyn, dafs wenn auch eine nach unserer Ansicht reine Pelopsäure oder reine Niobsäure auf die beschriebene Weise angewandt wurde, doch immer fast nie ein reines Chlorid, sondern Gemenge der beiden Chloride erhalten wurden, von denen das eine vom andern durch Erhitzung getrennt werden mufste, was mit Schwierigkeiten verknüpft war, und viel zu wünschen übrig liefs, da die Temperaturen, bei welchen beide Chloride sich verflüchtigen, nicht sehr von einander verschieden sind.

Bei der Bereitung des Tantalchlorids aus den Tantaliten aus Finnland konnte etwas Aehnliches nicht bemerkt werden. Wohl hinterliefs oft das Tantalchlorid, wenn es nach seiner Darstellung erhitzt wurde und von einer Stelle zu einer andern fortgetrieben werden sollte, einen geringen Rückstand von sich nicht verflüchtigender Tantalsäure, aber diefs geschah nur, wenn bei der Darstellung nicht alle Vorsichtsmaafsregeln angewandt worden waren.

Es sey mir hier erlaubt, diese Vorsichtsmaafsregeln, wie sie von Hrn. Weber bei der Bereitung dieser Chloride in neuerer Zeit angewandt wurden, umständlich zu erwähnen, da sie das Resultat von langen und mühsam erworbenen Erfahrungen sind. Die Reinheit des zu erhaltenden Produkts erfordert, wie wir uns überzeugt haben, dafs keins der kleinsten Handgriffe bei der Bereitung der Chloride vernachlässigt werde.

Die Tantalsäure wird mit Stärkmehl oder besser mit Zucker gemengt, und das Gemenge beim Ausschlufs der Luft bis zur vollständigen Verkohlung der organischen Substanz geglüht. Die erhaltene poröse Kohle wird in kleine Stücke gebrochen, bis zum Glühen erhitzt, und im glühenden Zustand in eine Glasröhre gefüllt, welche in

einem Verbrennungsofen zwischen starkem Kohlenfeuer zum Glühen gebracht wird, während ein Strom von Kohlensäuregas, der durch concentrirte Schwefelsäure und Röhren von Chlorcalcium sorgfältig getrocknet ist, darüber geleitet wird. Es ist diese Vorsicht nöthig, da die Kohle auch im stark durchglühten Zustande, und wenn auch das Einfüllen in die Glasröhre mit großser Schnelligkeit geschieht, doch aus der Luft etwas Feuchtigkeit aufnimmt, welche zersetzend auf das Chlorid, während dessen Bildung, einwirkt.

Wenn während der Behandlung mit Kohlensäure aus der glühenden Kohlenmasse keine Spuren von Wasser sich mehr entwickeln, und in den kälteren Theilen der Glasröhre sich ansetzen, so läfst man sie vollständig erkalten, während das Darüberleiten des Kohlensäuregases fortgesetzt wird. Man ersetzt dann den Kohlensäureapparat mit einem Chlorapparate. Das Erhitzen der Glasröhre darf darauf nicht eher stattfinden, als bis alle atmosphärische Luft und alles Kohlensäuregas vollständig ausgetrieben und alle Theile des Apparates mit Chlorgas angefüllt sind.

Man erhält dann durchs Erhitzen aus der Tantalsäure ein reines gelbes Chlorid, wenn die metallische Säure vorher von aller Wolframsäure befreit worden war. Ist diefs nicht der Fall gewesen, so erhält man selbst bei kleinen Mengen von vorhandener Wolframsäure ein rothes Sublimat.

Das rothe Wolframchlorid ist etwas flüchtiger als das Tentalchlorid, und kann durch gelindes Erhitzen annähernd davon getrennt werden. Mit etwas gröfserer Schwierigkeit ist das Zinnchlorid im Tantalchlorid zu erkennen, wenn das in den Tantaliten enthaltene Zinnoxyd nicht vollständig getrennt worden war. Es zeigt sich in den meisten Fällen, noch ehe das Tantalchlorid sich zu verflüchtigen anfängt, in Tropfen, welche gewöhnlich eine gelbliche Farbe haben.

Die Reinigung der Tantalsäure von kleinen Mengen von Wolframsäure und von Zinnoxyd geschieht gewöhnlich, wie diefs Berzelius schon vor langer Zeit gezeigt hat, dafs

man die noch feuchte Tantalsäure mit Schwefelammonium digerirt. Ich habe aber schon früher angeführt, dafs es, namentlich bei etwas gröfseren Mengen von Tantalsäure, nicht möglich ist, dieselbe auf diese Weise von jeder Spur von Wolframsäure, besonders aber von Zinnoxyd, zu befreien [1]). Man kann die Gegenwart dieser Oxyde erst erkennen, wenn man die Tantalsäure in Chlorid verwandelt.

Eine weit vollkommnere Trennung ist die, dafs man die Tantalsäure mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und Schwefel schmelzt. Die geschmolzene Masse wird mit Wasser behandelt und das Ungelöste mit verdünntem Schwefelammonium gut ausgewaschen. Die Tantalsäure ist dann vollständig von den metallischen Oxyden gereinigt, enthält aber noch Natron, von welchem sie am besten durch Schmelzen mit zweifach-schwefelsaurem Kali befreit wird.

Bereitet man aus einer auf diese Weise gereinigten Tantalsäure nach der angegebenen Methode das Chlorid, so erhält man dasselbe von rein gelber Farbe, und rein von Aci-Chlorid. Die Gegenwart von letzterem kann übrigens nur dann erst erkannt werden, wenn das Chlorid in der Atmosphäre von Chlorgas durchs Erhitzen von einer Stelle zur anderen getrieben wird. Bei vollkommner Reinheit mufs es sich dabei vollständig verflüchtigen, ohne einen kleinen Rückstand von nicht flüchtiger Säure zu hinterlassen.

Hierbei ist aber noch ein Umstand zu berücksichtigen. Wird das Tantalchlorid unter den beschriebenen Vorsichtsmaafsregeln dargestellt, so sind die ersten Mengen des sublimirten Chlorids rein gelb, und während der ganzen Operation sieht man keine Spur von einer weifsen Einmengung, was stets der Fall ist, wenn noch etwas atmospärische Luft im Apparate enthalten ist. Wird nun das in dem kaltem Theil der Glasröhre sich sublimirte Chlorid nicht erhitzt, so lange noch die Erzeugung und die Sublimation von Chlorid stattfindet, ist endlich alles Tantal aus

1) Pogg. Ann. Bd. 69, S. 118.

der Kohlenmasse als Chlorid ausgetrieben worden, und ist der ganze Apparat mit reinem Chlorgase angefüllt, so kann man dann das Tantalchlorid durchs Erhitzen, wobei es zuerst schmilzt, so weit verflüchtigen als es die Länge der Glasröhre erlaubt, ohne dafs dabei eine Spur von Tantalsäure zurückbleibt.

Erhitzt man aber das sublimirte Tantalchlorid früher, und zwar wenn noch neue Mengen desselben aus der Kohlenmasse durch Chlor erzeugt werden, so verflüchtigt sich das sublimirte Tantalchlorid beim Erhitzen nicht ohne allen Rückstand, und es bleibt eine geringe Menge von weifser Tantalsäure in einem blasigen Zustande zurück, und so weit man auch bei einer bedeutenden Länge des Glasrohrs das Chlorid durch Erhitzung forttreibt, so setzt sich auf dem ganzen Wege eine kleine Menge von Säure ab.

Es ist die Gegenwart des Kohlenoxyds, durch welche beim Erhitzen das gebildete Tantalchlorid etwas zersetzt und oxydirt wird. Durch welch einen Procefs diefs stattfindet, ist mir nicht ganz klar; denn es findet bei der Erzeugung der geringen Menge von Tantalsäure aus dem Chlorid keine sichtliche Abscheidung von Kohle statt; aber es ist durch eine lange Erfahrung die Thatsache bestätigt, dafs das gebildete Chlorid sich nur dann in dem leeren Theile der Glasröhre durchs Erhitzen vollständig und ohne alle Zersetzung verflüchtigt, wenn alles Tantal aus der Kohle durchs Chlor als Chlorid ausgetrieben und das gebildete Kohlenoxydgas vollständig aus dem Apparate durch das Chlorgas verdrängt worden ist.

Obgleich das Tantalchlorid nicht voluminös ist, und daher nicht die Eigenschaft hat, wie andere Chloride, namentlich wie das Niobchlorid, das Glasrohr zu verstopfen, so ist es doch rathsam, das Glasrohr nicht zu eng zu nehmen. Will man ungefähr 5 Grm. Tantalsäure in Chlorid verwandeln, so ist es gut, eine Röhre anzuwenden, deren Durchmesser nicht unter $\frac{5}{8}$ Zoll beträgt. Denn das erzeugte Chlorid häuft sich an der kälteren Stelle der Glasröhre, die der Kohlenmasse am nächsten ist, an, und darf

von dieser durch Erhitzung nicht eher fortgetrieben werden, als bis alles Tantal sich in Chlorid verwandelt hat.

Unter den beschriebenen Vorsichtsmaafsregeln wurden auch die beiden Chloride des Niobs und des Pelops dargestellt. Ersteres bildet, wie ich diefs in meinen früheren Abhandlungen bemerkt habe, ein weifses, voluminöses, in der Hitze flüchtiges, aber nicht schmelzbares Chlorid, letzteres ein gelbes, in der Hitze sehr leicht schmelzbares Chlorid, das in seinem äufseren Ansehen sehr viele Aehnlichkeit mit dem Tantalchloride hat.

Hat man die metallische Säure aus dem Columbit von Baiern und von Nordamerika, so wie aus dem Samarskit (Uranotantal, Yttroilmenit von Herrmann) aus Sibirien abgeschieden, so kann man dieselbe schon durch Schwefelammonium fast ganz von den Spuren von Wolframsäure reinigen, die sie enthält. Wird sie dann mit Kohle und Chlor behandelt, so erhält man stets ein weifses und ein gelbes Chlorid, oder das des Niobs und das des Pelops. Ersteres erzeugt sich stets im Anfange der Operation, letzteres mehr gegen Ende derselben, und dann in gröfserer Menge. Da das gelbe Pelopchlorid etwas flüchtiger als das weifse Niobchlorid ist, so wurden, wie ich diefs schon oft angeführt, die beiden Chloride durch gelindes Erhitzen von einander getrennt. Der gröfste Uebelstand, der das Resultat in den meisten Fällen sehr beeinträchtigte, entsprang aus der aufserordentlich voluminösen Beschaffenheit des Niobchlorids. Selbst bei Anwendung einer nur geringen Menge von Säure, und bei einem sehr weiten Durchmesser der angewandten Glasröhre verstopfte sich diese mit Leichtigkeit, so dafs die Chloride dann immer einer höheren Temperatur ausgesetzt werden mufsten, als zur Verflüchtigung des Pelopchlorids nöthig war, wodurch immer gröfsere oder geringere Mengen des weifsen Niobchlorids mit dem Pelopchlorid fortgeführt wurden. Dieses Verstopfen des Glasrohrs findet gewöhnlich so leicht statt, dafs, noch ehe sich das Pelopchlorid erzeugt hat, der Durchgang des Chlorgases verhindert, oder nur bei Anwendung eines ho-

ben Drucks möglich wird. In solchen Fällen mufs das Chlorid schnell einer starken Hitze ausgesetzt werden, um dem Chlor den ungehinderten Durchgang zu verschaffen, Sehr häufig wird, wenn der Durchgang des Gases verhindert worden, und dasselbe sich in einer starken Spannung befindet, beim Erhitzen des Niobchlorids dasselbe dann durch einen heftigen Chlorstrom durch die ganze Länge einer 6 Fufs langen Röhre fortgeschleudert, so dafs dann unter diesen Umständen die Trennung der beiden Chloride gleich im Anfange der Operation unmöglich wurde.

Ein zweiter Uebelstand in der Trennung besteht darin, dafs das gelbe Pelopchlorid ähnliche Eigenschaften wie das Tantalchlorid besitzt; es darf, so lange noch durch die Bildung der Chloride Kohlenoxyd sich erzeugt, nicht erhitzt werden, ohne nicht eine geringe Zersetzung zu erleiden, ein Umstand, den wir erst durch die Eigenschaften des Tantalchlorids kennen lernten.

Beide Umstände sind der Trennung beider Chloride durchs Erhitzen im hohen Grade hinderlich. Denn wenn wegen der Verstopfung der Glasröhre durch das Niobchlorid dasselbe erhitzt werden mufs, um dem Chlorgase einen Ausgang zu verschaffen, erlaubte die Zersetzbarkeit des Pelopchlorids in einer Kohlenoxydgas haltigen Atmosphäre diese Erhitzung nicht.

War jedoch unter sehr günstigen Umständen eine Trennung beider Chloride erfolgt, waren beide einzeln durch Behandlung mit Wasser wiederum in Säuren verwandelt worden, so gab jede derselben nach der Behandlung mit Kohle und Chlor wiederum die beiden Chloride, das weifse und das gelbe. Dieselbe Säure, zu wiederholten Malen derselben Behandlung unterworfen, führte immer wieder zu denselben Resultaten, deren Ursachen wir den angegebenen Umständen zuschreiben mufsten.

Nach vielen mühevollen, aber vergeblichen Versuchen wurde eine kleine Menge Niobsäure, die aus sehr reinem niobsaurem Natron abgeschieden worden war, mit einer sehr grofsen Menge von Zucker nach und nach verkohlt;

die erhaltene Kohlenmasse wurde aufs Neue mit Zucker gemengt und verkohlt, und diese Operation wurde drei bis vier Mal wiederholt, um eine sehr innige Mengung der Säure mit einer grofsen Menge von Kohle zu erhalten, welche zuerst in einem Strome von gut getrocknetem Kohlensäuregas geglüht und dann unter den oben beschriebenen Vorsichtsmaafsregeln unter Vermeidung von aller atmosphärischen Luft in einem starken Strome von Chlorgas erhitzt worden war. Im Anfange wurde die Kohlenmasse in einer nur sehr gelinden Temperatur behandelt.

Dieser Versuch führte zu dem überraschendsten Resultate. Die angewandte reine Niobsäure gab statt des rein weifsen Niobchlorids das reinste gelbe Pelopchlorid, ohne die geringste Spur von Niobchlorid. Nachdem die Zersetzung beendet und der ganze Apparat mit reinem Chlorgas angefüllt war, konnte das gelbe Pelopchlorid von einer Stelle zur andern, und bis zu einer grofsen Entfernung verflüchtigt werden, ohne auch nur eine Spur von weifsem Chloride oder von abgeschiedener Säure zu zeigen.

Die nächste Ursach dieser so höchst unerwarteten Erscheinung wurde in der sehr grofsen Menge der angewandten Kohle gesucht, und der Versuch nach dieser Ansicht wiederholt, aber mit ungünstigem Erfolge, denn es erzeugte sich neben Pelopchlorid eine bedeutende Menge vom weifsen Niobchlorid. Es mufsten also noch andere Umstände erforderlich seyn, welche die Erzeugung des reinen gelben Chlorids bedingten. Die Temperatur war bei diesem Versuche anfangs eine nicht so niedrige, wie bei dem ersten, und es schien aufser der grofsen Menge von Kohle eine niedrige Temperatur eine zweite Hauptbedingung zur Erlangung eines günstigen Resultats zu seyn. Aber auch ein dritter Versuch, der im Sinne dieser Ansicht angestellt wurde, fiel wiederum ungünstig aus. Bei diesem aber war bei einer gröfseren Menge der angewandten Säure, und daher einer sehr grofsen Menge von Kohle, die Glasröhre so voll gefüllt, dafs das Chlorgas nur äufserst langsam Blase für Blase durch den Apparat strich.

Trotz

Trotz der grofsen Menge der angewandten Kohle und der sehr niedrigen Temperatur erzeugte sich hierbei fast nur reines Niobchlorid.

Endlich wurde ein vierter Versuch ausgeführt, und zwar unter Anwendung von:

1) einer sehr grofsen Menge von Kohle im Verhältnifs zur angewandten Säure,
2) einer sehr sorgfältigen Vertreibung aller Feuchtigkeit durch starkes Glühen des Gemenges in trocknem Kohlensäuregase,
3) einer vollständigen Vertreibung der Kohlensäure, nachdem das Gemenge in diesem Gase erkaltet war, durch einen sehr raschen Strom von Chlorgas, das erst hinzugeleitet worden, nachdem alle atmosphärische Luft aus dem Chlorapparate ausgetrieben worden war;
4) endlich einer sehr geringen Erhitzung, nachdem alle Theile des Apparats so mit Chlorgas angefüllt waren, dafs sie intensiv gelblich-grün erschienen.

Bei Anwendung aller dieser Vorsichtsmaafsregeln erzeugte sich aus reiner Niobsäure das reinste gelbe Pelopchlorid, das nach Beendigung der Sublimation, und nachdem alles Kohlenoxydgas durch das überschüssige Chlor verjagt worden war, vollständig durchs Erhitzen von einer Stelle zur andern getrieben werden konnte, ohne eine Spur von Niobchlorid zu zeigen, oder Säure abzuscheiden. Und mit ganz demselben Erfolge sind später alle Versuche angestellt worden, um reines Pelopchlorid und aus diesem durch Zersetzung vermittelst Wassers reine Pelopsäure zu erhalten. Es konnte dazu reine Niobsäure, reine Pelopsäure, oder die Säure angewandt werden, welche unmittelbar aus den Columbiten von Bodenmais und von Nordamerika und aus dem Samarskit vom Ural erhalten worden war.

Wurde das auf diese Weise erhaltene reine gelbe Chlorid durch Wasser zersetzt, und die erhaltene Säure mit Zuckerkohle und Chlorgas behandelt, aber mit einer geringeren Menge Kohle als zur Erzeugung des gelben Chlorids nothwendig ist, so erhielt man wieder daraus die beiden

Chloride, das weifse und das gelbe, und zwar von dem erstern um so mehr, je geringer die Menge der angewandten Kohle und je höher die Temperatur war, die gleich beim Anfange der Operation angewandt wurde.

Das reine gelbe Chlorid erzeugt sich nur, wenn alle die oben angegebenen Bedingungen bei seiner Bilduug erfüllt werden. Sobald nur die eine dieser Bedingungen nicht oder unvollkommen erfüllt wird, so erhält man beide Chloride zugleich.

Was die Menge der Kohle im Verhältnifs zur angewandten Säure betrifft, so mufs mau zur Erzeugung des gelben Chlorids so viel Stärkmehl oder Zucker anweuden, dafs nach der Verkohlung die Menge der Kohle 3 bis 4 Mal so viel beträgt, als das Gewicht der angewandten Säure. Es ist anzurathen, sich durch das Gewicht davon zu überzeugen, da aus der angewandten Menge von Stärkmehl oder von Zucker nicht auf die Menge von Kohle geschlossen werden kann. Auch bei einer geringen Menge von angewandter Kohle bleibt zwar bei der Erzeugung eines flüchtigen Chlorids scheinbar das ganze Volumen derselben in der Glasröhre zurück, aber bei der Darstellung des Pelopchlorids ist das angegebene Verhältnifs unumgänglich nothwendig.

Die gröfste Aufmerksamkeit hat man aber darauf zu richten, dafs die Absorption des Chlorgases bei einer Temperatur stattfindet, bei welcher das gebildete Chlorid sich noch nicht verflüchtigen kann. Ist die Temperatur höher, so bildet sich gröfstentheils weifses Chlorid. Bei einer sehr hohen Temperatur wird dasselbe schnell verflüchtigt, alles im Rohre enthaltene Chlor wird von dem Kohlengemenge absorbirt und in demselben Augenblicke als weifses Chlorid ausgetrieben. Nur gegen das Ende der Operation, wenn die Kohle sehr überwiegend gegen die noch mit derselben gemengten Säure vorhanden ist, und das Chlorgas sehr rasch strömt, bildet und verflüchtigt sich gelbes Chlorid.

Durch diese Versuche lassen sich alle Erscheinungen

erklären, welche uns bei den früheren Darstellungen der beiden Chloride so auffallend waren, und welche die Trennung derselben so schwierig machten.

Ist die Absorption des Chlors bei einer so niedrigen Temperatur geschehen, bei welcher noch keine Sublimation des gebildeten Chlorids erfolgen kann, und beträgt die Menge der angewandten Säure nicht mehr als 1 Grm., so kann man den Theil des Glasrohrs, in welchem das Kohlengemenge liegt, seiner ganzen Länge nach mit einem Male erhitzen, aber anfangs nur bei sehr gelinder Temperatur. Ist bei dieser Temperatur nach ungefähr einer Viertelstunde die Verwandlung der Säure in das gelbe Chlorid erfolgt, so kann man nach und nach die Temperatur steigern. Es wird dann das Chlorid verflüchtigt, und erscheint in rein gelben Nadeln in den kälteren leeren Theilen des Glasrohrs. Wird kein Chlorgas mehr absorbirt, sondern dient der Strom desselben nur noch dazu, um das gebildete gelbe Chlorid aus der Kohle auszutreiben, und das im Rohre etwa noch vorhandene Kohlenoxydgas zu verdrängen, so kann man dann die höchste Temperatur anwenden, welche man in dem Verbrennungsofen zu geben im Stande ist, ohne dafs diese von zersetzendem Einflufs auf das gelbe Chlorid ist. Einmal gebildet verwandelt es sich unter keinen Umständen mehr in das weifse Chlorid, wenn nämlich der Apparat mit reinem Chlorgas angefüllt ist. Ist aber noch Kohlenoxydgas vorhanden, so erzeugt sich zwar beim Erhitzen kein weifses Chlorid, das gelbe Chlorid verflüchtigt sich aber dann nach dem Schmelzen zum allergröfsten Theile zwar unzersetzt, aber es hinterläfst dann auf seinem ganzen Wege eine geringe Menge der dem Chloride entsprechenden Säure, was nicht der Fall bei Anwesenheit von reinem Chlorgase ist.

Das gelbe Chlorid sublimirt sich in Nadeln, die beim Erwärmen schmelzen und nach dem Erkalten ein krystallinisches Haufwerk bilden.

Will man das gelbe Chlorid in gröfseren Quantitäten darstellen, so kann man 12 bis 15 Grm. der Säure dazu

verwenden; man mufs sie mit einer solchen Menge von Stärkmehl oder Zucker verkohlen, dafs nach der Verkohlung die Menge der Kohle drei bis vier Mal so viel beträgt, als die der Säure. Bei so bedeutenden Mengen ist es am besten die Säure zuerst mit Stärkmehl zu mengen, das Gemenge zu verkohlen, die erhaltene Masse zu zerreiben, dann noch ein oder zwei Mal mit Zucker zu mengen und damit wiederum zu verkohlen. Das Stärkmehl bildet eine sehr voluminöse Kohle; das Ganze wird aber minder voluminös, wenn man es zuletzt mit Zucker verkohlt. Bei Anwendung von 12 bis 15 Grm. Säure mufs man sich eines sehr weiten und langen Glasrohrs bedienen, damit nicht allein die grofse Menge der verkohlten Masse Platz hat, sondern auch damit das sublimirte Chlorid die Röhre nicht verstopft, und man gezwungen ist, das Chlorid zu erhitzen, während noch Kohlenoxydgas im Apparate vorhanden ist. Handelt es sich darum, das gelbe Chlorid nur in der Absicht zu erzeugen, um nachher vermittelst Wassers die Säure daraus darzustellen, so ist die Erhitzung des Chlorids von keiner Bedeutung, wenn auch Kohlenoxyd zugegen ist. Nur bei der Darstellung des reinen Chlorids darf diefs nicht geschehen.

Es ist am besten eine 5 Fufs lange Röhre anzuwenden, die einen Durchmesser von $\frac{3}{4}$ Zoll hat, wenn man 12 bis 15 Grm. Säure in Arbeit genommen hat. Bei Anwendung so grofser Mengen mufs aber die Leitung der Operation mit grofser Umsicht und Sorgfalt ausgeführt werden. Nachdem man zur Austreibung von jeder Spur von Feuchtigkeit das Gemenge in einer Atmosphäre von Kohlensäure geglüht hat, läfst man es in derselben erkalten, und wechselt dann den Kohlensäure-Apparat mit einem Chlorentwicklungs-Apparat, aus dem vorher schon alle atmosphärische Luft ausgetrieben worden ist, und nach $\frac{3}{4}$ bis einstündigem Hindurchleiten des Chlorgases, wenn alle Theile damit angefüllt sind, beginnt man das Erhitzen der Röhre vermittelst Kohlenfeuer. Wie bei der Analyse organischer Körper mufs man auch bei dieser Operation mit dem Erhitzen nur

zollweise fortschreiten, und bei jedem neuen Auflegen der glühenden Kohlen nur möglichst niedrige Temperatur geben. Hat man nun die ganze Länge der Röhre, da wo sich das Gemenge befindet, mit Kohlen umlegt, so giebt man zuletzt, nachdem lange Chlorgas geströmt hat, die stärkste Hitze, um alles Chlorid aus der Kohle auszutreiben. So wie man anfangs an irgend einer Stelle eine zu starke Hitze giebt, so erzeugt sich augenblicklich etwas von dem weifsen Chlorid.

Aus dem reinen gelben Chloride erhält man durch Behandlung mit Wasser die dem Chlorid entsprechend zusammengesetzte Säure. Sie ist nicht ganz vollkommen unlöslich in der verdünnten Chlorwasserstoffsäure, die sich zugleich bildet, weshalb die Analyse des Chlorids mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Was die Darstellung des weifsen Chlorids betrifft, so erhält man dasselbe in beinahe reinem Zustand, wenn man die Säure aus dem Columbiten oder aus dem Samarskit oder auch die Säure, die man durch Zersetzung des weifsen oder des gelben Chlorids vermittelst Wasser erhalten hat, mit einer nicht zu grofsen Menge von Zucker verkohlt, das Gemenge nach dem Einfüllen in das Glasrohr in einer Atmosphäre von Kohlensäure glüht, dann sogleich, ohne erkalten zu lassen, den Kohlensäure-Apparat mit einem Chlor-Apparat, aus welchem schon die atmosphärische Luft vertrieben worden ist, vertauscht, und darauf die stärkste Hitze giebt, die das Glas ertragen kann. Nach wenigen Augenblicken erscheint das Sublimat des weifsen Chlorids. Weil dasselbe so sehr leicht das Glasrohr verstopft, darf man zur Darstellung desselben nicht mehr als höchstens 2 Grm. Säure anwenden, und mufs dennoch ein sehr weites Glasrohr nehmen. Die Bildung einer kleinen Menge vom gelben Chlorid ist hierbei nicht vollständig zu vermeiden; dasselbe bildet sich gegen Ende der Operation. Ist alles Kohlenoxyd durch das überschüssige Chlor verjagt, so kann durch gelindes Erwärmen das gelbe Chlorid vom weifsen Chlorid abgetrieben werden. Es verflüchtigt sich

freilich dabei immer eine mehr oder minder grofse Menge des weifsen Chlorids mit dem gelben; man erhält jedoch die allergröfste Menge des weifsen Chlorids rein. Man kann es in diesem Zustande untersuchen, oder durch Zersetzung vermittelst Wassers die entsprechende Säure daraus darstellen.

Aus der Darstellung dieser beiden Chloride folgt, dafs in ihnen, so wie in den aus ihnen vermittelst des Wassers dargestellten Säuren dasselbe Metall enthalten sey.

Aber diese beiden Säuren, die ich bis jetzt Pelopsäure und Niobsäure genannt habe, verhalten sich, wie die Chloride, aus denen sie erzeugt werden, völlig verschieden von einander, und ein Mal gebildet, können sie nicht, oder nur durch Umwege in einander verwandelt werden.

Man sollte zuerst auf die Vermuthung kommen, dafs beide Säuren isomerische Modificationen derselben Materie wären.

Diese Ansicht wird aber dadurch widerlegt, dafs nach allen übereinstimmenden Untersuchungen der Chlorgehalt in beiden Chloriden ein verschiedener ist. Nach den vielfältigen Untersuchungen, die ich schon früher angestellt habe, bei denen ich aber das Pelopchlorid nicht von der Reinheit erhalten hatte, wie es von Hrn. Weber später dargestellt worden, hat dasselbe einen gröfseren Chlorgehalt als das Niobchlorid, das auch schon früher rein erhalten werden konnte, und dessen Chlorgehalt daher früher von mir und später von Hrn. Weber übereinstimmend gefunden wurde, während der Gehalt an Chlor im reinsten Pelopchlorid von Hrn. Weber noch gröfser gefunden wurde, als früher von mir.

Es folgt hieraus, dafs die Pelopsäure mehr Sauerstoff enthalten müsse als die Niobsäure. Unmittelbar konnte bis jetzt noch nicht mit Sicherheit der Sauerstoffgehalt in beiden Säuren bestimmt werden.

Aber auf keine Weise läfst sich durch oxydirende Mittel (auch nicht durch die heftigsten) die Niobsäure in Pelopsäure verwandeln. Es gelingt diefs weder durch directe

noch indirecte Oxydation. Auch vor dem Löthrohr ist das Verhalten beider Säuren verschieden.

Ein solches Verhalten ist aber ein so eigenthümliches, dafs wir im ganzen Gebiete der Chemie kein analoges kennen.

Es scheint indessen, dafs durch gewisse aber nur wenige reducirende Mittel der dem gelben Chloride analogen Säure etwas Sauerstoff entzogen werden könne.

Das Verhältnifs des Sauerstoffs in beiden Säuren, geschlossen aus dem Chlorgehalte der Chloride, ist ein sehr anomales. Nur bei zwei Oxydationsstufen des Schwefels finden wir ein gleiches.

Noch ist es uns zweifelhaft, ob in dem auch mit Sorgfalt bereiteten weifsen Chlorid nicht ein geringer Sauerstoffgehalt enthalten, und es daher als ein Acichlorid zu betrachten sey. Derselbe ist indessen nach sorgfältigen Untersuchungen äufserst gering, so dafs Hoffnung vorhanden ist, das Chlorid ganz sauerstofffrei zu erhalten.

Da jedensfalls die Pelopsäure und die Niobsäure Oxyde desselben Metalls sind, so mufs dasselbe auch nur eine Benennung haben. Ich entscheide mich für die Benennung Niobium. Die höchste Oxydationsstufe dieses Metalls mufs also Niobsäure heifsen; es ist diefs die Säure, welche aus dem gelben Chloride entsteht, demselben entsprechend zusammengesetzt ist, und die ich sonst Pelopsäure genannt habe. Ich mag noch nicht einen Namen für die niedrigere Oxydationsstufe des Niobs, oder für die Säure, welche ich bisher Niobsäure genannt habe, bestimmen. Es mufs diese Benennung von der Zahl der Oxydationsstufen abhängig seyn, die ich beim Niob finden werde. Ich möchte sie deshalb nicht niobichte Säure nennen, weil das Verhältnifs des Sauerstoffs in derselben zum Metall nicht ein solches ist, wie es bei den Säuren von analoger Benennung stattfindet.

VI. *Eine Wirkung der Schwungkraft;* *von C. H. Schellbach,*

Prof. d. Math. am Friedrich-Wilhelms-Gymnas. in Berlin.

Der schwere Punkt A ist an der nicht schweren geraden Linie $HA = l$ (Taf. III., Fig. 3) befestigt, die sich mit gleichförmiger Winkelgeschwindigkeit w um die Axe HX dreht und durch die Schwungkraft des Punkts A um den Winkel $AHD = \alpha$ von der Axe entfernt hat. Zerlegt man die Beschleunigung der Schwere $AG = g$ in die beiden Componenten AF und AE, von denen die erste in die Richtung der Linie HA fällt und durch deren Befestigung in H aufgehoben wird, und die zweite, senkrecht gegen HX gerichtete, der Schwungkraft das Gleichgewicht hält, so hat man zur Bestimmung des Winkels α die Gleichung

$$w^2 l \sin\alpha = g \tang\alpha.$$

Man erhält aus dieser Gleichung entweder

$$\sin\alpha = 0 \quad \text{oder} \quad \cos\alpha = \frac{g}{l w^2}.$$

Also hat die Linie HA *zwei* Gleichgewichtslagen: entweder in der Drehungs-Axe selbst, oder, wenn sie sich um den durch die zweite Gleichung bestimmten Winkel α von dieser Axe entfernt hat. Dieser Winkel wird aber *unmöglich*, sobald sein Cosinus gröfser als 1 oder

$$l < \frac{g}{w^2}$$

ist. Da $l\cos\alpha = HD = h$ ist, so giebt die zweite Gleichung

$$h = \frac{g}{w^2}.$$

Diese Höhe h, bis zu welcher sich durch den Schwung um die Axe HX die Punkte A, B, C, die an verschieden langen Linien befestigt sind, dem Aufhängungspunkte H nähern, hängt also nur von ihrer Winkelgeschwindigkeit w ab. Punkte, die in H an Linien befestigt sind, welche die

Länge h nicht erreichen, bleiben daher, bei der Drehung der Axe HX, ruhig in dieser Axe hangen, während sich die übrigen in eine einzige Ebene CC' begeben, auf welcher die Axe HX senkrecht steht. Solche, an kürzeren Linien als HD befestigten Punkte haben also nur eine einzige Gleichgewichtslage, während alle, die an längeren Linien befestigt sind, deren zwei einnehmen können.

Trägt die Linie AH (Taf. III., Fig. 4), statt einer einzigen Masse, in den Punkten A und A', zwei Massen m und m', und ist $AH = l$ und $A'H = l'$, so sind die Radien, welche diese Massenpunkte bei ihrer Drehung um die Axe HX durchlaufen, $AD = l \sin\alpha$ und $A'D' = l' \sin\alpha$, also die Schwungkräfte $DB = mw^2\, l \sin\alpha$ und $D'B' = m'w^2\, l' \sin\alpha$. Die Componenten der Schwere sind aber $AE = mg \operatorname{tang}\alpha$ und $A'E' = m'g \operatorname{tang}\alpha$. Die Spannungen AF und $A'F'$ werden durch die Festigkeit des Punkts H aufgehoben. Stellt man sich nun die parallelen Kräfte BD und $B'D'$, so wie AE und $A'E'$, in der Axe HD wirkend vor, so müssen sie hier einander das Gleichgewicht halten; es mufs also die Gleichung

$$HD \,.\, DB + HD' \,.\, D'B' = HD \,.\, AE + HD' \,.\, A'E'$$

oder

$$l \cos\alpha \,.\, mw^2\, l \sin\alpha + l' \cos\alpha \,.\, m'w^2\, l' \sin\alpha$$
$$= l \cos\alpha \,.\, mg \operatorname{tang}\alpha + l' \cos\alpha \,.\, m'g \operatorname{tang}\alpha$$

oder

$$\cos\alpha = \frac{g}{w^2} \cdot \frac{ml + m'l'}{ml^2 + m'l'^2}$$

Statt finden.

Auf diese Weise erhält man auch, wenn die Linie AH in den Entfernungen $l, l', l'', \ldots$ mit den Massenpunkten $m, m', m'', \ldots$ besetzt ist, für $\cos\alpha$ den allgemeinen Ausdruck

$$\cos\alpha = \frac{g}{w^2} \cdot \frac{ml + m'l' + m''l'' + \ldots}{ml^2 + m'l'^2 + m''l''^2 + \ldots}.$$

Sind alle Massen gleich grofs und in n Punkten über die ganze Linie gleichförmig vertheilt, so findet sich

$$\cos\alpha = \frac{g}{w^2} \cdot \frac{n(1+2+3+\ldots+n)}{l(1^2+2^2+3^2+\ldots+n^2)} = \frac{g}{w^2} \cdot \frac{3nn(n+1)}{ln(n+1)+(2n+1)}$$
$$= \frac{3g}{lw^2} \cdot \frac{n}{2n+1}.$$

Um den Winkel α für den Fall zu finden, wenn AH eine gleichförmig schwere Linie ist, hat man nur in der vorigen Formel $n = \infty$ zu setzen, was für $l\cos\alpha = HD = h'$,

$$h' = \frac{3g}{2w^2} = \tfrac{3}{2}h$$

giebt, so dafs also auch in diesem Falle die Linie h' von der Länge der Linie l unabhängig ist.

Diese Eigenschaft der Schwungkraft läfst sich an einer gut construirten Centrifugalmaschine, wie sie in physikalischen Cabinetten vorkommen, leicht nachweisen, und bietet so eine nützliche Vervollständigung dieses Apparats dar.

VII. *Die Farben des Mausits; von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzungsber. d. math. naturw. Klasse d. Wiener Akademie d. Wiss. Juli 1853.)

»Das hexagonale Eisensalz $Fe_2O_3 . SO_3 + 3(KO)SO^3 + 3H_2O$, welches mir so interessante Resultate hinsichtlich des Auftretens von basischem Wasser geliefert hat (Pogg. Ann. Bd. XI, S. 73), bildet Krystalle, welche senkrecht auf ihre Axe *grünes*, parallel mit ihrer Axe (je nach der Länge der sechsseitigen Säulen oder Tafeln) gelbes bis rothbraunes Licht durchlassen. Nun enthält aber jenes Salz *keine Spur* von Eisenoxydul, sondern nur Eisenoxyd, Schwefelsäure, Kali und Wasser (basisches und Krystallisations-Wasser.) Unter gewissen Umständen bildet dasselbe Salz ein krystallinisches Pulver von schön zeisiggrüner Farbe, einer Nüance also, worin wir Gelb und Grün zugleich erblicken.«

So schreibt in Bezug auf die Krystalle, deren Farbenverhältnisse den Gegenstand der nachfolgenden Bemerkung ausmachen, mein hochverehrter Freund, Hr. Prof. Scheerer in Freiberg in einem an mich gerichteten Briefe vom 10. Mai 1853.

In der obigen Abhandlung: »Beiträge zur näheren Kenntnifs des polymeren Isomorphismus«, in Pogg. Ann., so wie in Gmelin's Handbuch der Chemie, Bd. 3, S. 255 finden sich nun alle übrigen Nachrichten über jenes zuerst von Maus (Pogg. Ann. Bd. XI, S. 78) dargestellte Salz, welches Scheerer der Kürze wegen auch wohl (S. 77) das Maus'sche Salz nennt, ein Ausdruck, den ich hier als Glied der specifischen Nomenclatur nur in *Mausit* umbildete. Wenn ich aber als specifischen Namen diesen in der Ueberschrift gewählten vorschlage, so glaube ich dürfte diefs wohl selbst durch die an Unmöglichkeit gränzende Schwierigkeit einer chemischen systematischen Benennung hinlänglich begründet seyn.

Die Zusammensetzung ist nach Scheerer:

Schwefelsäure	41,94
Eisenoxyd	20,97
Kali	20,58
Basisches Wasser	9,43
Krystallisations - Wasser	7,08
	100,00.

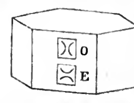
Die Analysen wurden früher von Maus, Anthon und W. Richter, später in Scheerer's Laboratorium durch Hrn. Rob. Richter ausgeführt, und zwar die letzteren, theils von gröfseren Krystallen, welche Hr. W. Hilgard aus Illinois in Dr. Schweizer's Laboratorium in Zürich dargestellt, theils von Krystallen, die in Scheerer's Laboratorium selbst erhalten worden waren.

Nach einer späteren Mittheilung erhält man die Mausitkrystalle leicht durch freiwilliges Verdunsten in gewöhnlicher Zimmertemperatur in einer flachen Schale von einer Auflösung des gewöhnlichen Eisenalauns. Endlich sandte mir Hr. Prof. Scheerer eine Anzahl der kleinen Kry-



stalle selbst, die bei einer unmittelbar darauf angestellten Betrachtung mir ein so unerwartetes Ergebnifs darboten, dafs ich gerne noch die letzte Sitzung des akademischen Jahres benutze, um sie der hochverehrten Klasse vorzulegen, selbst bevor es mir möglich ist, aus bereits eingeleiteten Krystallisationsprocessen gröfsere Individuen zu erhalten, an welchen vielleicht später eine und die andere Beobachtung sich mit gröfserer Schärfe anstellen lassen wird.

Die Krystalle des Mausits sind übereinstimmend mit Hrn. Prof. Scheerer's Angabe, regelmäfsige sechsseitige Prismen; die mir vorliegenden Krystalle etwa eine halbe Linie in jeder Richtung haltend, doch sind auch mehrere derselben in vollkommen paralleler Stellung bei gleicher Dicke zu sechsseitigen Krystalltafeln gruppirt, welche bis drei Linien messen. Anstatt der Endfläche erscheint ein ganz flaches Quarzoïd.



Bei der Dicke von einer halben Linie erschienen mir nun nach der gewöhnlichen mineralogischen Farbenbenennung die folgenden Farbentöne, Farbe der Basis *O* hyacinthroth. Farbe der Axe *E* ölgrün. Der Gegensatz der Farbe ist ungemein deutlich, er steigert sich bei gröfserer Dicke; das hellere Oelgrün wird zwar auch etwas intensiver, mehr gelb, aber anstatt des rothen Tones erscheint ein wirkliches Schwarz, der Krystall ist in der Richtung der Axe undurchsichtig; Platten von Mausit, der Axe parallel, eine Linie dick geschnitten, zwischen zwei polirte Glasplatten geklebt, würde man wie den besten Turmalin anwenden können. So dick sind nun freilich diese kleinen Prismen und Tafeln nicht, aber man vergleicht ja auch die Töne am Besten durch die dichroskopische Loupe, so wie es oben der Holzschnitt zeigt. Bei geringerer Dicke wird aber auch das Hyacinthroth heller, es geht in Leberbraun über, das selbst immer mehr Gelb erscheinen läfst und durch ein wahres *Oelgrün* nicht zu unterscheiden von der

Axenfarbe anderer Individuen in noch hellere Töne übergeht. Wenn man einen Krystall mit dem Messer zerdrückt, und die Splitter bei etwa sechzigfacher Vergröfserung untersucht, so nähern sich die zwei gelben Töne ungemein, nur dafs der eine beinahe farblos ist. Neuere Mikroskope sind schon häufig auch für polarisirtes Licht eingerichtet. Wo diefs nicht der Fall ist, genügt es, ein Doppelspath-Rhomboëder zwischen das Ocular und das Auge zu bringen. Auf der anderen Seite sind aber schon die oben erwähnten breiteren tafelartigen Krystallgruppen bereits so dunkel, dafs sie den leberbraunen Ton erreicht haben, die nächste Stufe vor dem Hyacinthroth. Die Farbenreihen für den ordinären und den extraordinären Strahl sind also gänzlich gleich:

Weifs, Oelgrün, Leberbraun, Hyacinthroth, Schwarz.

Aber der ordinäre Strahl ist mehr absorbirt, die dunkleren Töne treten schon bei geringerer Dicke ein, und zwar in einem Verhältnisse, welches vorläufig auf etwa 1 : 8 bis 1 : 10 geschätzt werden kann, bis etwa späterhin Vergleichungen an vollkommneren, gröfseren Krystallen numerische Daten liefern, so wie auch die Beantwortung der Frage, ob der mehr absorbirte ordinäre Strahl auch der stärker gebrochene sey, wie es das allgemeine, die beiden Babinet'schen verbindende, Gesetz verlangt.

Was nun aus den obigen Beobachtungen unzweifelhaft hervorgeht, und was deutlich hervorzuheben eigentlich der Zweck der gegenwärtigen Mittheilung war, ist: die Nachweisung der Thatsache, dafs es selbst stark dichromatische Krystalle giebt, in welchen die Farbenunterschiede nach verschiedenen Richtungen nicht durch absolute Verschiedenheiten der Färbung selbst herrorgebracht werden, sondern bei welchem sie auf der *mehr und weniger starken Absorption* des durchgehenden Lichts überhaupt beruhen.

Gewifs kann keine blofs auf Mehr und Weniger der Absorption beruhende Verschiedenheit die dunkel- oder hellblauen Farbentöne des Cordierits auf die gelblichweifsen, in dunkleren Krystallen selbst bis in das Honiggelbe



reichenden Töne desselben bringen. Ebenso wenig entstehen die schwärzlichblauen (dintenblauen, *purple*), schön violblauen und spargelgrünen des Diaspors, die einen aus den anderen, durch mehr oder weniger starke Absorption. Ihre theoretische Betrachtung, in Bezug auf die Lage und Gestalt der färbenden Körper, oder auf die Anordnung der kleinsten Theilchen überhaupt, ist also noch viel schwieriger als bei Krystallen, wie sie der Mausit zeigt. Hier langt man gut mit einem einzigen Körper aus, dem Eisenoxyd, ungeachtet des Dichroismus: denn es genügt anzunehmen, dafs die Theilchen dergestalt geordnet sind, dafs ein durch das sechsseitige Prisma von Fläche zu Fläche hindurchfallender Strahl, der nun in zwei senkrecht auf einander polarisirte zerlegt wird, mit den senkrecht auf die Axe stattfindenden Schwingungen des ordinären Strahles eine gröfsere Anzahl materieller Punkte oder Theilchen von Eisenoxyd antreffe, als mit den in der Richtung der Axe stattfindenden Schwingungen des extraordinären Strahles.

Die Verschiedenheiten der Farbentöne, selbst das durch den Gegensatz mit dem Hyacinthroth noch mehr grün erscheinende Oelgrün, bilden also hier der Erklärung keine Schwierigkeit. Sie beruht einfach auf gröfserer oder geringerer Absorption. Desto räthselhafter stellt sich uns die Färbung der Krystalle vor, welche das *Eisenoxyd* in Verbindung mit Oxalsäure und Alkalien enthalten, oft vor dem schönsten *Grasgrün*, und wenn auch selbst dichromatisch, doch nur gleichzeitig mit ganz blassen gelblich-weifsen Tönen, die höchstens bis zum Oelgrün reichen.

VIII. *Paläo-Krystalle, durch Pseudomorphose verändert; von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus gleicher Quelle, wie die vorgehende Notiz.)

Als Nachtrag zu den Bemerkungen über einige neuere Arbeiten und Ansichten meines hochverehrten Freundes, Hrn. Professors Scheerer, vom verflossenen Jänner (Sitzungsberichte Bd. X., S. 88) erlaube ich mir heute zwei Exemplare zur Ansicht vorzulegen, welche mir derselbe gütigst zugesandt hat, und welche eine der dort erwähnten Paramorphosen zeigen, nämlich Albit in den Formen eines Skapoliths, von Krageröe in Norwegen, mit der Formel $(RO + SiO_3) + (R_2O_3 + 3SiO_3)$. Bei der großen Wichtigkeit der Studien über pseudomorphe Bildungen überhaupt, gehören diese gewiß zu den anziehendsten, weil sie uns Mineralvorkommen verstehen lehren, die lange als räthselhafte Bildungen den Scharfsinn der Naturforscher umsonst zur Lösung aufriefen. Hr. Prof. Scheerer erwähnt ihrer neuerdings in einer wichtigen Abhandlung über Pseudomorphosen in Pogg. Ann., Bd. 89, S. 1, und giebt daselbst auch eine treffliche Nachweisung über die Natur des von Werner sogenannten Spreusteins aus dem Norwegischen Zirkonsyenit. Hr. Prof. Blum hatte den Beweis zu führen gesucht (Pogg. Ann. Bd. 87, S. 315), der Spreustein sey pseudomorph nach Eläolith gebildet. Allein die Formen der ursprünglichen, nun veränderten Krystalle, wurden von Blum als regelmäßige sechsseitige Prismen angenommen, während Scheerer selbst zuerst 1812 auf einer kleinen Insel, westlich von der größeren Insel Lövoe im Brevigfjord, sechsseitige Prismen einige Zoll lang, bei einem Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll, auffand, ganz aus der faserig-körnigen Spreusteinmasse bestehend, welche zwei Winkel von nahe 125°, und vier von nahe 118° zeigen, und außerdem deutlich augitische Symmetrie, die Ebene

der Abweichung den Winkel von 125° halbirend, so dafs die Formen sehr viele Analogie mit Amphibolformen zeigen. Nun findet aber die chemische Analyse im Spreustein vollkommen die Mischung des Natroliths, ja der Spreustein ist nach allen Verhältnissen, der Form, Masse und Materie eine Varietät von Natrolith, und Scheerer nimmt zur Erklärung ihrer Bildung an, es haben sich zuerst Krystalle der augitischen Form, genau wie bei dem Vorgange mit dem geschmolzenen Schwefel gebildet, welche, der gleichen Analogie folgend, während oder nach ihrer Erstarrung innerlich zu einem Aggregate krystallinischer Partikel der gewöhnlichen Form verändert worden seyen. Dabei sey nichts hinzugetreten, nichts hinweggeführt worden, es seyen reine Paramorphosen. Gewifs sind es Pseudomorphosen, die als besonderen Fall Scheerer's Paramorphosen, die Pseudomorphosen zwischen dimorphen Verbindungen in sich begreifen.

Hr. Prof. Scheerer bediente sich zur Bezeichnung der beiden Zustände der Ausdrücke: der *rhombische* Natrolith *A*, wie er nun sich im Spreustein zeigt, und der *monoklinoëdrische* Natrolith *B*, aus dem er entstanden ist. In einem Briefe an Scheerer bemerkte ich, ich hätte gewünscht, er würde der, wenn auch nun verschwundenen, Species einen eigentlichen Namen gegeben haben. Weder die dem Augenblick entsprechend, so zu sagen improvisirte, systematische Nomenclatur, noch gar die Anwendung von Buchstaben schien mir den Anforderungen zu genügen, die man gerne stellen möchte. Wollte man auch vorläufig keinen einfachen selbstständigen Namen geben, so liefse sich doch auf irgend eine Art die Beziehung ausdrücken, in welcher die Species der früher vorhandenen Krystalle zu der Species der nun noch übrigen steht. Analog dem Worte »Paläontologie«, die sich ja auch auf Species bezieht, die nicht mehr lebend existiren, bot sich wie von selbst die Verbindung des Namens derjenigen Species, welche nun übrig ist, mit dem Vorsatze »Paläo« dar, so dafs die nach Scheerer's Annahme ursprüngliche Bildung ein *Paläo-*

Na-

Natrolith gewesen wäre, während das, was Werner Spreustein genannt hat, einfach *Natrolith* ist, aber in *Pseudomorphosen*, oder wie Scheerer es nimmt, in *Paramorphosen nach Paläo-Natrolith.*

Ich nehme hier immer Pseudomorphose als den allgemeineren, Paramorphose als den in jenem enthaltenen specielleren Begriff, ja nicht als Gegensatz. Hr. Prof. Scheerer nennt (pag. 12) eine Paramorphose »das Product einer bloſsen, *innerhalb der Gränzen des betreffenden Krystalls* vorgegangenen Atom-*Umsetzung*, während jede andere Pseudomorphose durch eine *über jene Gränzen hinausgehende Atom-Wanderung* entstand«. Das Gemälde in groſsen Zügen entworfen, giebt allerdings einen festen Anhaltspunkt. Wenn man indessen die Einzelheiten näher ins Auge faſst, so bleibt fast keine Möglichkeit, daſs die absolute Uebereinstimmung je stattfinde. Man muſs dazu natürlich alle Eigenschaften der zuerst und der später gebildeten Species mit einander vergleichen. Namentlich ist das specifische Gewicht von gröſstem Einflusse. Die von den zweierlei Krystallen erfüllten Räume verhalten sich stets in dem umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichten. Treffen wir nun Kalkspath in dem Raume früherer Aragonkrystalle, so kann, da ihre Dichten sich ungefähr wie 27 : 29 verhalten, selbst, wenn der Raum nun vollständig ohne Zwischenraum erfüllt ist, dieſs nur dann geschehen, wenn etwa $\frac{1}{14}$ der ganzen Aragonmasse auſserhalb des Raumes, den sie früher einnahm, hinausgeschoben oder hinweggeführt wird. Noch gröſser wird der Unterschied, wenn, wie es in der Natur so häufig vorkommt, auch im Innern der Pseudomorphosen leere Räume übrig bleiben. Hier ist gewiſs nicht einfache Atom-Umsetzung, sondern wahre Atom-Wanderung. Das Umgekehrte findet statt, wenn das specifische Gewicht der in Pseudomorphosen erscheinenden Species höher ist, als das der ursprünglichen oder Paläo-Krystalle. Auch hier erfüllt dann das später Gebildete den Raum nicht mehr vollständig; oder wenn ein Raum wirklich vollständig er-

füllt ist, so ist es nicht mehr der des ursprünglichen Krystalls. Gewifs läfst sich eine ununterbrochene Reihe darstellen, von den Pseudomorphosen dimorpher Verbindungen, z. B. den Schwefel-Paramorphosen beginnend, Schwefel pseudomorph nach Sulfurit, bis in diejenigen Pseudomorphosen, *wo scheinbar* kein chemischer Zusammenhang zwischen den beiden Species stattfindet, wie wenn Quarz in den Formen von Kalkspath erscheint.

So wären die verschwundenen Aragone *Paläo-Calcit* gewesen, die verschwundenen Augite *Paläo-Amphibol*, eigentlicher Paläo-Uralit, und die Ausdrücke vorzüglich dazu bestimmt, um die Betrachtungen zu erleichtern, welche man über die Gegenstände oder Körper selbst anstellen will.

Was ich indessen nur in jenem Briefe erwähnte, wurde von Hrn. Prof. Scheerer mit mehr Aufmerksamkeit betrachtet. Er schrieb mir am 20. Juni: »Das Bedürfnifs einer solchen Benennung kann wohl dringend genannt werden. Willst Du darüber bei Gelegenheit etwas veröffentlichen, so könnte es mich nur freuen. Ich pflichte Deinem Vorschlage ganz bei.« Dieser Beifall des so innig mit dem Gegenstande vertrauten Forschers, der so viele Erfolge langjähriger unermüdeter Aufmerksamkeit bereits als die seinigen bezeichnen kann, ist mir nun eine wahre nicht zurückzuweisende Aufforderung gewesen, den Gegenstand, so wie er oben entwickelt ist, heute noch in der letzten Sitzung des akademischen Jahres der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse vorzulegen.

IX. *Ueber die Anwendung der Photographie zum Studium gewisser Polarisations-Erscheinungen; von Hrn. W. Crookes.*

(*Phil Mag. Ser. IV. Vol. VI. p.* 73, wo der Aufsatz aus dem *Journal of the Photographic Society*, 1853, entlehnt ist.)

Die Versuche, welche ich die Ehre habe, heute Abend der Gesellschaft vorzulegen, wurden vor achtzehn Monaten begonnen und entsprangen aus dem Wunsch, die bekannten schönen Figuren, die man bei dünnen Platten von Krystallen, wie Kalkspath und Salpeter, im Polariskope sieht, zu fixiren.

Nach einigen vorläufigen Versuchen mit verschiedenen Anordnungen von Linsen und Turmalinen, um auf dem Grundglase (*ground-glass*) der *Camera obscura* ein deutliches Bild zu erhalten, schritt ich endlich zu folgendem Verfahren. Der betreffende Krystall wurde zwischen zwei Turmaline gebracht, und nachdem er so gestellt worden, dafs man in diffusem Licht beim Hindurchsehen die geeignete Figur erhielt, wurde das Ganze mit Marineleim zusammengekittet und so in der Messingröhre einer doppelt achromatischen Portraitlinse befestigt. Verschiedene (nicht achromatische) Linsen wurden hinter dem Krystall aufgestellt, um das Bild aufzufangen und zu verkleinern, ehe es auf die Collodiumplatte fiel; sie waren an Zahl und Brennweite verschieden, je nachdem das Bild klein oder grofs seyn sollte. Vor dem Ganzen war eine Linse angebracht, mehr zum Schutz gegen Staub u. s. w., als zu einem practischen Zweck, obgleich sie das Licht etwas zu condensiren schien. Wiewohl diese Vorrichtung ein sehr vollkommnes Bild auf dem Grundglase gab, so war doch das Licht, wegen seines Durchgangs durch so viele Gläser und die beiden dunkelbraunen nicht einen Viertelquadratzoll grofsen Turmaline, ungemein schwach, so dafs das Bild nicht anders auf dem Glase (*focusing-glass*) gesehen werden

konnte, als wenn man die *Camera* gegen die Sonne richtete und dabei alles übrige Licht von dem Auge ausschlofs. Collodium, obgleich unter den gewöhnlichen Umständen so aufserordentlich empfindlich, erwies sich zum Copiren dieser Figuren als ganz unpassend, da die Platten, in ihrer nothwendig aufrechten Stellung, die zur Erlangung eines Bildes erforderliche Aussetzung nicht ertrugen, ohne sich zu zersetzen. Aufserdem würde bei Einstellung der *Camera* auf die Sonne die Bewegung der letzteren eine sehr ungleiche Wirkung auf die Platte hervorbringen, welches dem Erfolge des Versuchs schadete. Nach wiederholten mifslungenen Versuchen war ich genöthigt, die Collodiumplatte durch ein empfindliches Papier zu ersetzen und die *Camera* mehrere Tage lang gegen Norden gerichtet stehen zu lassen.

Bei diesem Versuch erhielt ich zwar kein gutes Resultat, hatte aber doch die Genugthuung zu lernen, dafs Licht, welches eben intensiv genug ist, einen vorübergehenden Eindruck auf die Netzhaut zu machen, mit der Zeit einen starken Eindruck auf eine empfindliche photographische Fläche macht. Ich würde indefs nichts Bemerkenswerthes erlangt haben, hätte nicht Prof. Wheatstone, dem ich die Resultate meiner Versuche mittheilte, mir gütigst erlaubt, seine prachtvollen Turmaline und Krystalle zu benutzen. Als ich diese in die oben erwähnte Stellung brachte, konnte ich, ohne Sonne, ein sehr deutliches Bild auf dem Grundglase wahrnehmen, und durch einige vorläufige Versuche fand ich sogar, dafs Collodium selbst im zerstreuten Himmelslicht einen guten Eindruck annahm, wenn es demselben, je nach der Gröfse und Beschaffenheit des angewandten Krystalls, eine halbe bis zwei Stunden ausgesetzt ward. Die *Camera* mufs auf den Boden gelegt und aufwärts gerichtet werden. In dieser Lage hält sich die Collodiumplatte mehr als drei Stunden, wenn sie hinreichend horizontal liegt, um die Flüssigkeit auf ihrer Oberfläche zurück zu halten. (Ich finde, dafs sie in dieser Lage sehr wenig von ihrer Empfindlichkeit einbüfst).

Das beste Licht ist das eines bedeckten, zwar hellen, aber sonnelosen Himmels. Die *Camera* mufs alle zwei oder drei Minuten einen Quadranten gedreht werden, um eine zu ungleiche Wirkung des Lichts zu verhüten.

Die im raschgekühlten Glase unter denselben Umständen entstehenden Figuren liefsen sich ohne Schwierigkeit copiren. Das Glas, eingefafst von einem schwarzen opaken Rahmen, stand aufrecht vor einem schwarzen Glasspiegel und dieser war so gestellt, dafs er das auf ihn fallende diffuse Tageslicht unter dem geeigneten Winkel horizontal reflectiren und durch das Glas senden mufste. Ihm gegenüber stand die *Camera* mit einem Turmalin oder Nicol'schen Prisma vor der Linse, durch dessen Drehung die verlangte Figur erhalten wurde.

Meine ersten Copien wurden auf Collodium gemacht, das auf gewöhnliche Weise jodirt worden. Sie zeigten, sowohl beim Kalkspath als beim Salpeter, eine weit gröfsere und viel weiter ausgedehntere Zahl von Ringen als im Polariskop gesehen werden konnte; während ich im letzteren nicht mehr als acht oder neun Ringe zu sehen vermochte, konnte ich in der Photographie zuweilen an funfzig zählen, was in merkwürdiger Weise die gröfsere Ausdehnung derjenigen Ringe zeigt, die von den jenseits der sichtbaren Strahlen liegenden brechbareren gebildet werden.

Als ich vor einigen Wochen gegen Prof. Wheatstone dieses Umstandes erwähnte, äufserte er, dafs ich wohl besseren Aufschlufs hierüber erlangen würde, wenn ich nach Sir Herschel's Vorschlag das Jodsilber durch Bromsilber ersetzte und die chemischen Strahlen mit schwefelsaurem Chinin fortnähme, weil dann der Effect von blofsem Licht erhalten würde. Sogleich machte ich hierüber folgenden Versuch. Nachdem ich mich zuvörderst überzeugt hatte, dafs Quarz in der Dicke von mehreren Zollen die chemische Strahlen nicht aufhalte, bildete ich eine Zelle von etwa eine Unze Rauminhalt, an der zwei Seiten aus flachen Quarzplatten bestanden und 1½ Zoll von einander entfernt waren. Diese füllte ich mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin in

4 Theilen verdünnter Schwefelsäure, und maafs den Abstand, bis zu welchem die unsichtbaren Strahlen noch eindrangen, indem ich Sonnenlicht mittelst einer Linse concentrirte. Der Kegel von blauem Lichte drang kaum einen Achtelzoll hinein. Nun wurde die mit der Lösung gefüllte Zelle gegen den Himmel gestellt und mit einer Quarzlinse eine Photographie auf Jodsilber genommen. Der Himmel bildete sich schwarz ab, während das durch die Chininlösung gegangene Licht die Platte kaum im Mindesten angegriffen hatte. Ich verdünnte nun die Lösung, bis sich zeigte, dafs der Lichtkegel nur die Hälfte der Zelle durchdrang. Die Photographie bot denselben Anblick wie zuvor dar; und erst nachdem sie soweit verdünnt worden, dafs der blaue Lichtkegel, der durch Concentration des Sonnenlichts auf die Lösung gebildet ward, vollständig durchgegangen wäre, konnte ich einen vergröfserten Effect auf die Photographie wahrnehmen. Als die Lösung nicht mehr als einen bis zwei Gran auf die Unze enthielt, wurden kaum noch chemische Strahlen absorbirt.

Der geringe Effect, welchen das Licht nach dem Durchgang durch die starke Chininlösung ausübte, rührte, wie ich fand, blofs von der Wirkung der wenigst brechbaren Strahlen her. Als vom Sonnenspectrum eine Photographie genommen wurde, wobei das Licht, ehe es auf das Prisma fiel, durch die obige Lösung ging, erfolgte nur ein schwacher Eindruck, und nur da, wohin die sichtbaren Strahlen fielen. Mit Bromsilber wurde derselbe Effect in viel kürzerer Zeit erreicht.

Hierauf liefs ich mir Collodium mit Brom statt des Jods von Hrn. Hockin bereiten; diefs fand ich seinem Zweck sehr gut entsprechend.

Als ich auf dieser Schicht, mit Dazwischensetzung eines anderthalb Zoll dicken Bades von beinahe gesättigter Lösung von schwefelsaurem Chinin, die in Salpeter sichtbaren Figuren copirte, hatte ich die Befriedigung zu finden, was ich vorausgesehen. Die Ringe waren nun auf die sichtbare Anzahl reducirt und zugleich viel breiter, herrührend da-

von, dafs in jedem Ringe eine gröfsere Fläche das Bromsilber zu afficiren vermochte. Allein es zeigte sich hier eine merkwürdige Verschiebung; jeder Quadrant der inneren Ringe schien, statt seine gewöhnliche regelmäfsige Gestalt zu behalten, wie in zwei Hälften gebrochen, und die Hälften waren gegen die benachbarten Ringe abwechselnd gehoben und vertieft.

Nachdem ich mit Salpeter, einem zweiaxigen Krystall, so unerwartete Resultate erhalten hatte, ward es von grofsem Interesse zu sehen, ob ein einaxiger Krystall unter ähnlichen Umständen auch eine abnorme Figur zeigen werde. Zu dem Ende wurde Kalkspath gewählt. Die bisher auf Jodsilber erhaltene Figur war eine vollkommen regelmäfsige, bei welcher die Ringe mit der Entfernung vom Mittelpunkt allmälig an Breite und Deutlichkeit abnahmen, und nur in sofern von denen im Polariskop gesehenen abwichen, dafs sie sich bis zu einer gröfseren Entfernung erstreckten. Bei Anwendung von Bromsilber und einem Bade von Chininlösung, um die chemischen Strahlen aufzufangen, hatte die Figur nicht mehr ein so regelmäfsiges Ansehen wie zuvor. Die Anzahl der Ringe war auf etwa neun reducirt, wobei der vierte und fünfte Ring mit gänzlicher Vernichtung ihres Zwischenraums zu einem einzigen breiten Ringe vereinigt erschienen.

Seitdem habe ich gefunden, dafs dieselben Resultate erhalten werden, es mag das Chininbad vorhanden seyn oder nicht, sobald nur Bromsilber als empfindliche Fläche angewandt wird.

[Auf Taf. III. erblickt man in Fig. 5 die normale, und in Fig. 6 die abnorme Figur beim Kalkspath, und in Fig. 7 die normale und in Fig. 8 die abnorme Figur beim Salpeter.]

Da die Strahlen, welche diese abnormen Figuren hervorrufen, nicht auf Jodsilber wirken, wohl aber auf Bromsilber, es mag ein Chininbad davor gesetzt seyn oder nicht, so können sie schwerlich in dem brechbareren unsichtbareren Theil des Spectrums vorhanden seyn, wenigstens

nicht in denjenigen Theil, welcher vom schwefelsauren Chinin absorbirt wird; ebenso wenig können sie unsichtbare, jenseits des äufsersten Roth liegende Strahlen seyn, weil diese nicht auf Bromsilber wirken. Ich habe mich überzeugt, dafs diese Figuren direct für das Auge unsichtbar sind, indem ich in einem Polariskope jeden der Krystalle genau untersuchte, erst bei Beleuchtung mit weifsem Lichte und dann mit jedem einzelnen Strahl eines sehr reinen Sonnenspectrums. In keinem Falle konnte etwas anderes als die normale Figur wahrgenommen werden. Es ist also möglich, dafs diese abnormen Figuren durch unsichtbare Strahlen veranlafst werden, die bisher der Beobachtung entgangen und in dem sichtbaren Theil des Spectrums enthalten sind.

X. *Ueber die Ursache des Vorkommens abnormer Figuren in photographischen Abbildungen polarisirter Ringe; von G. G. Stokes.*

(*Philosoph. Magazin, Ser. IV. Vol. VI. p.* 107.)

Der folgende Aufsatz bezweckt die Betrachtung der Theorie einiger merkwürdigen Resultate, welche Hr. Crookes bei Anwendung der Photographie auf das Studium gewisser Polarisations-Erscheinungen erhalten hat [1]).

Bei den gewöhnlichen Anwendungen der Photographie hat man gewisse Gegenstände und Theile von Gegenständen abzubilden, welche in Farbe oder in Helligkeit oder in beiden Stücken von einander abweichen, je nach der Natur der Substanzen und der Weise, wie die Lichter und Schatten fallen. In sofern die photographische Kraft eines heterogenen Lichtbündels, in Bezug auf eine gegebene empfindliche Substanz, nicht proportional ist seinem Beleuch-

1) Siehe den vorhergehenden Aufsatz.

tungsvermögen, ist die Dunkelheit der Gegenstände in einer negativen Photographie auch nicht proportional der Helligkeit, wie sie dem Auge erscheint, nicht einmal immer von derselben Reihenfolge. Dennoch werden die Umrisse der Gegenstände und ihrer Theile getreulich bewahrt. Denn wiewohl es denkbar ist, dafs zwei benachbarte Theile eines Gegenstandes, welche das Auge an ihrer Farbe augenblicklich unterscheidet, Strahlen von fast genau gleicher photographischer Kraft in Bezug auf die gerade angewandte empfindliche Substanz reflectirten, so dafs sie in der Photographie durchaus nicht unterschieden werden könnten; oder andererseits, dafs zwei Theile eines Gegenstandes, zwischen welchen das Auge durchaus keinen Unterschied erkennen könnte, sich auf der Photographie verschieden herausstellten, — so würden doch die Bedingungen, welche erfüllt seyn müfsten, damit die *Gestalten* einer Reihe von Gegenständen, z. B. gefärbte Muster oder ein Bild der Krystallringe, sich in dieser Weise, durch Auftreten einer Reihe von Umrissen für eine andere, verändern sollten, so eigenthümlich seyn, dafs man den Fall als unendlich betrachten kann in Bezug auf das, dafs keine solche Formveränderungen in merklichem Grade hervorgebracht werden.

Allein, wenn die Photographie zur Abbildung von Interferenz-Erscheinungen, wie die mittelst des polarisirten Lichts in den Krystallen sichtbaren Ringe, angewandt wird, ist der Fall in mancher Hinsicht wesentlich ein anderer. Gesetzt, um ein besonderes Beispiel zu wählen, es wären die Ringe des Kalkspaths in weifsem Lichte zu betrachten, während die Polarisations-Ebenen des Polarisators und des Zerlegers sich kreuzten, so dafs das schwarze Kreuz entstände. Betrachten wir die Abwechslungen, welche stattfinden, wenn wir vom Mittelpunkt aus in einer unter 45° gegen die Arme des Kreuzes geneigten Richtung fortgingen. Zunächst giebt es hier offenbar Abwechslungen der Intensität; allein sehr bald kann das Auge, welches unter solchen Umständen, selbst wenn die zu vergleichenden Lichter von derselben Farbe sind, nur ein schlechter Beurtheiler

von Intensitätsunterschieden ist, nicht mehr die Helligkeitsunterschiede wahrnehmen, sondern urtheilt ganz nach der Farbendifferenz. Dasselbe findet statt beim Salpeter, beim Zucker und bei anderen farblosen zweiaxigen Krystallen. Ausgenommen in unmittelbarer Nähe der optischen Axe oder Axen sind die Ringe, welche ihr Daseyn und ihre Gestalten in erster Instanz den Gesetzen der Doppelbrechung und der Interferenz des polarisirten Lichts verdanken, in anderen Beziehungen erzeugt und in ihren Formen bestimmt durch die Bedingung eines Maximums von Farbencontrast.

Betrachten wir nun was vorgeht, wenn ein Bild eines solchen Systems auf eine empfindliche Platte, z. B. auf eine mit Bromsilber bereitete, geworfen wird. Die Strahlen von der einen Brechbarkeit würden ein regelmäfsiges Ringsystem bilden, welches, wenn diese Strahlen allein vorhanden wären und die Brechbarkeit zwischen den Gränzen läge, innerhalb welcher die Substanz angegriffen wird, auf der Platte ein System von Ringen hervorbrächte, genau den mittelst homogener Strahlen gesehenen gleich, sobald dieselben nur zum sichtbaren Spectrum gehörten. Dasselbe fände statt für Strahlen jeder Brechbarkeit im Besonderen, und die verschiedenen so gebildeten elementaren Ringsysteme würden bei Anwendung von heterogenem Lichte wirklich übereinander liegen. Ist die Photographie fertig, so zeigt sie gewisse Abwechslungen von Licht und Schatten, entsprechend den Abwechslungen in der *gesammten photographischen Intensität* der Strahlen, welche auf die Platte gewirkt haben, ohne dafs zwischen der Wirkung von Strahlen einer Brechbarkeit und der von Strahlen einer anderen irgend ein Unterschied aufrecht erhalten wäre; wogegen, wenn die Strahlen direct beschaut werden, das Auge die Farbendifferenz auffängt, ohne die Intensitätsdifferenzen wahrzunehmen. Ich spreche natürlich blofs von den Abwechslungen, die beim Verfolgen einer durch die Ringe gezogenen Linie wahrgenommen werden, nicht von den dunklen Büscheln oder der Intensitätsveränderung, die

man längs einem gegebenen Ringe wahrnimmt. Wenn also heterogenes Licht angewandt wird, sind die Umstände, welche die Ringe bedingen, in beiden Fällen so verschieden, dafs es kein Wunder ist, wenn die photographirten Ringe in gewissen Beziehungen von anderem Charakter sind, als die direct gesehenen.

Hiedurch ist nicht nur eine Characterverschiedenheit als wahrscheinlich nachgewiesen, sondern eine detaillirte Betrachtung der wirklichen Superpositionsweise wird auch dazu dienen, einige der Hauptzüge der von Hrn. Crookes beobachteten abnormen Ringe zu erklären. Nehmen wir den Kalkspath als Beispiel und setzen die durchgelassenen Strahlen sämmtlich als von gleicher Brechbarkeit voraus. In diesem Falle verändert sich die Intensität längs einem gegebenen, aus der Mitte des Kreuzes gezogenen, Radius wie das Quadrat des Sinus der halben Verzögerungsphase des ordentlichen Bündels in Bezug auf die des aufserordentlichen (siehe Airy's *Tracts*). Ist i der Einfallswinkel, so variirt die Verzögerung beinahe wie $\sin^2 i$, und, wenn $\sin^2 i = r$, können wir als Ausdruck für die Intensitätsvariationen J annehmen:

$$J = \sin^2(mr^2) = \tfrac{1}{2}(1 - \cos 2mr^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

In diesem Ausdruck ist m eine von der Brechbarkeit der Strahlen abhängige Constante. Beim Kalkspath folgen die Farben der Ringe der Newton'schen Scale, und m ist sehr nahe dem Umgekehrten der Wellenlänge proportional.

Angenommen nun, dafs Strahlen von zweierlei Brechbarkeitsgraden zusammen durch den Krystall gehen, und dafs die photographischen Intensitäten beider Arten gleich seyen. Angenommen auch, dafs der Effect, welchen beide Systeme zusammen auf der Platte hervorbringen, gleich sey den Effecten, welche sie einzeln hervorzubringen vermögen. Die letztere Annahme, wenn auch nicht strenge richtig, wird es doch angenähert seyn, wenn die Platte nicht zu lange ausgesetzt bleibt. Wenn nun m' ist, was aus dem Para-

meter m für das zweite System wird, so können wir die Intensitätsvariation längs einem gegebenen Radius ausdrücken durch;

$$\left.\begin{aligned} J &= \sin^2(m r^2) + \sin^2(m' r^2) \\ &= 1 - \cos[(m - m') r^2] \cos[(m + m') r^2] \end{aligned}\right\} (2).$$

Gesetzt die Brechbarkeiten beider Systeme wären mäſsig verschieden. Dann wird der Unterschied zwischen den beiden Parametern m und m' zwar klein, aber nicht äuſserst klein, im Vergleich zu einem von ihnen. Folglich wird von den beiden Factoren in dem Ausdruck für J der zweite ein gutes Theil rascher fluctuiren als der erste, und wird das seyn, was hauptsächlich die Radien u. s. w. der Ringe bedingt. Wäre der erste Factor constant und gleich 1, seinem Werthe für $r = 0$, so würde der Ausdruck (2) genau von derselben Form wie (1), in dem der Parameter das Mittel der beiden m, m' würde. Indeſs ist der erste Factor nicht constant, sondern nimmt ab, wie r zunimmt, und hier verschwindet er und wechselt dann das Zeichen. Folglich werden die Ringe weniger deutlich als mit homogenen Strahlen, und gegenwärtig erfolgt eine Art Verschiebung vom Betrage einer halben Ordnung, d. h. die hellen Ringe jenseits eines gewissen Punkts, oder in anderen Worten, auſserhalb des durch einen gewissen Werth von r bedingten Kreises, entsprechen, was die von ihren Radien gebildete Reihe betrifft, den dunklen Ringen innerhalb dieses Kreises, und so umgekehrt. In einigem Abstand jenseits dessen, bei welchem die Verschiebung stattfindet, werden die Ringe wiederum sehr deutlich; allein es ist nutzlos die Veränderungen des Ausdrucks für J weiter zu verfolgen, weil die für die Bildung dieses Ausdrucks vorausgesetzten Umstände sich zu weit von denen des wirklichen Versuchs entfernen.

Nach den numerischen Werthen von m und m' könnte ein dunkler Ring sich durch Zeichenwechsel des Factors $\cos(m - m')r^2$ in einen hellen Ring verwandeln, oder ein heller in einen dunklen übergehen, oder ein Ring

beider Arten breiter oder schmäler werden als er regelmäfsig gewesen seyn würde. Das Zusammenfliefsen des vierten und fünften Rings in Hrn Crookes Photographie, bei Anwendung von Bromsilber, scheint nur eine Wirkung dieser Art gewesen zu seyn.

Allein damit eine Verschiebung der obigen Art stattfinde, ist es nicht wesentlich, dafs blofs zwei Strahlenarten wirken, noch selbst, dafs die Curve der photographischen Intensität zwei deutliche Maxima innerhalb des Spectrums darbiete. Gesetzt, dafs, innerhalb gewisser Gränzen, Strahlen von allen Brechbarkeiten durch den Krystall gehen und auf die Platte fallen. Um einen Ausdruck zu erhalten, der ohne zu grofse Mühe Zahlenbestimmungen zuläfst, und doch aus einer Hypothese entspringt, die sich nicht zu sehr von den Umständen des wirklichen Versuchs entfernt, will ich annehmen, die photographische Kraft der Strahlen, deren Parameter zwischen m und $m+dm$ liegt, sey, zwischen den Gränzen $m=2\pi$ und $m=3\pi$, proportional $\sin m\,dm$ und verschwinde jenseits dieser Gränzen. Da m sehr nahe proportional ist dem Umgekehrten der Wellenlänge, und das Verhältnifs 3π zu 2π oder 3 zu 2 sehr nahe das der Wellenlängen der festen Linien D und H ist, so entspricht diese Annahme der Voraussetzung, dafs die weniger als D brechbaren Strahlen unwirksam seyen, dafs dort die Wirkung beginne, dann nach einem gewissen Gesetze wachse, ein Maximum erreiche, abnehme und endlich bei H verschwinde. Die Wirkung würde wirklich bei H aufhören, wenn ein Bad einer Lösung von schwefelsaurem Chinin von gewisser Stärke gebraucht würde. In dieser Voraussetzung und der vorigen, dafs die Strahlen von verschiedenen Brechbarkeiten unabhängig von einander wirken, haben wir

$$J=\int_{2\pi}^{3\pi}\sin^2(mr^2)\sin m\,dm.$$

Entwickelt man diesen Ausdruck und schreibt x für $2r^2$, so kommt:

$$J=1+\frac{\cos\frac{1}{2}\pi x.\cos\frac{5}{2}\pi x}{x^2-1}\quad.\;.\;.\;.\;.\;.\quad(3).$$

Da die Discussion dieser Formel keine Schwierigkeit darbietet, so mag sie dem Leser überlassen bleiben. Der letzte Factor im Zähler des Bruchs ist der, welcher Fluctuationen im Ringe entspricht. Sobald x durch eine ungerade ganze Zahl gröfser als 1 geht, wechselt der erste Factor das Zeichen und es findet eine Verschiebung oder Verrückung von einer halben Ordnung statt; geht aber x durch den Werth 1, so ändert der Nenner sein Zeichen zugleich mit beiden Factoren des Zählers und es erfolgt keine Verschiebung. Wenn x bedeutend wird, wird der Nenner $x^2 - 1$ sehr grofs und die Fluctuationen der Intensität werden unmerklich.

Die folgende Tafel enthält die Werthe von J berechnet nach der Formel (3) für 16 Werthe von x in jeder der ersten sieben Ring-Ordnungen. Beim Uebergange von einem Ringe zum nächstfolgenden wächst der Winkel $\frac{5}{2}\pi x$ um 2π, und deshalb x um 0,8. Das Sechszehntel von diesem oder 0,05 ist der Anwuchs von x in der Tafel. Jede verticale Columne entspricht einer Ordnung. Der irgend einer Zahl in der Tafel entsprechende Werth von x findet sich durch Addition der Zahlen in der oberen und den linken Columnen.

x	0,00	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80
0,00	0,000	0,142	0,481	0,830	1,033	1,067	1,014
0,05	0,080	0,223	0,543	0,860	1,037	1,060	1,010
0,10	0,295	0,418	0,667	0,905	1,032	1,044	1,005
0,15	0,619	0,692	0,829	0,955	1,020	1,021	1,001
0,20	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,25	1,377	1,293	1,154	1,033	0,977	0,979	1,001
0,30	1,692	1,527	1,268	1,051	0,956	0,964	1,004
0,35	1,898	1,669	1,327	1,054	0,939	0,956	1,008
0,40	1,963	1,702	1,333	1,045	0,932	0,956	1,012
0,45	1,881	1,791	1,286	1,030	0,936	0,963	1,013
0,50	1,669	1,465	1,205	1,014	0,950	0,974	1,012
0,55	1,356	1,243	1,103	1,004	0,973	0,987	1,007
0,60	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,65	0,654	0,775	1,004	0,913	1,027	1,010	0,991
0,70	0,373	0,600	1,013	0,853	1,049	1,015	0,983
0,75	0,192	0,499	1,024	0,826	1,063	1,016	0,977

Nach dieser Tafel liefse sich leicht eine Intensitätscurve zeichnen, wenn man die Ordinaten proportional den Zahlen in der Tafel nähme und die Abscissen proportional den Werthen von r und deshalb proportional den Quadratwurzeln der Zahlen 0, 1, 2, 3, 4 etc. Allein die Form der Curve ist genügend verständlich entweder aus der Formel (3) oder aus dem Anblick der Zahlen in der Tafel.

Man wird sehen, dafs in den ersten drei Columnen die *Zahlen*, welche in den mit 0,20 und 0,60 beginnenden Zeilen liegen, hellen Ringen entsprechen und die übrigen jeder Columne, zusammen mit dem Anfange der nächsten, einem dunklen Ringe. Allein der dunkle Ring, welcher regelmäfsig dem vierten hellen Ringe folgen würde, ist durch Zeichenwechsel des Factors $\cos \frac{1}{2}\pi x$ in einen hellen Ring verwandelt, welcher mit dem vorhergehenden einen einzigen breiten hellen Ring bildet, dessen Minimum $x = 3$ entspricht, dessen Intensität jedoch auf ihren mittleren Einheitswerth herabsinkt. Eine ähnliche Verschiebung tritt in der siebenten Columne ein, allein hier ist die ganze Variation verhältnifsmäfsig klein.

Beim Kalkspath haben die Ringe rundherum einen gleichen Charakter, allein in der Photographie der Ringe des Salpeters zeigt sich eine neue Erscheinung. Hrn. Crookes Abbildung der abnormen Ringe des Salpeters ist zu klein, um deutlich zu seyn; allein mit Hülfe seiner Beschreibung hält es nicht schwer, zu errathen, was vorgeht. In Bezug auf diese Photographie bemerkt er: »Allein hier zeigt sich eine merkwürdige Verschiebung; jeder Quadrant der inneren Ringe erscheint, statt seine gewöhnliche regelmäfsige Figur zu behalten, wie in zwei Hälften zerbrochen, und die Hälften sind gegen die benachbarten Ringe abwechselnd gehoben und vertieft.«

Diese Erscheinung erklärt sich leicht als hervorgehend aus einer Uebereinanderlage von einzeln vollkommen regelmäfsigen Ringsystemen, wenn wir erwägen, dafs die Pole der Lemniscaten der verschiedenen Elementarsysteme nicht

coïncidiren, weil beim Salpeter der Winkel zwischen den optischen Axen wächst vom Rothen zum Blauen. Die Gestalt-Veränderung, welche sich als eine Verschiebung von einer halben Ordnung auffassen läſst, rührt nun von dem Umstand her, daſs die kleineren Ringe, welche den brechbareren Strahlen entsprechen, gleichsam überholt werden von den gröſseren Ringen, die den weniger brechbaren Strahlen angehören. Klar ist, daſs die Veränderung in der Lage der Pole der Lemniscaten dahin streben würde, diese Wirkung in den ausseits der optischen Axen liegenden Richtungeu zu verzögern und in den zwischen diesen Axen liegenden zu beschleunigen. Folglich würde das, was in dem einen Theile ihrer Bahn ein heller Ring ist, in einem anderen Theil ein dunkler werden, und sonach jeder Quadrant eine Verschiebung von einer halben Ordnung in diesen Ringen zeigen. Um diese Verschiebung recht groſs zu machen, müſste man einen Krystall von gewisser Dicke anwenden. Bei einem sehr dünnen Krystall würde keine Verschiebung dieser Art stattfinden, sondern eine wie sie beim Kalkspath erfolgt. Bei einem sehr dicken Krystall würde der Effect der chromatischen Veränderung in der Lage der optischen Axen zu sehr überwiegen.

Es erhellt demnach, daſs alle Hauptzüge in den abnormen Ringen vollkommen erklärlich sind als hervorgehend aus der Superposition von an sich regelmäſsigen Systemen. Allein wenn bekannte Ursachen hinreichen zur Erklärung von Erscheinungen, dürfen wir ja nicht zu Dingen greifen, deren Existenz rein hypothetisch ist, wie z. B. das Daseyn unsichtbarer Strahlen in Begleitung sichtbarer Strahlen von gleicher Brechbarkeit, aber doch verschieden von ihnen. Einige der kleineren Details in den abnormen Ringen mögen fernere Erklärung oder genauere Berechnung verlangen; allein solche Berechnungen sind von keinem besonderen Interesse, sobald nicht die Erscheinungen gegründeterweise die Wirkung bisher unbekannter Ursachen vermuthen lassen.

Die Verschiedenheit zwischen den mit Jod- und Bromsilber

silber gemachten Photographien erklärt sich leicht, wenn wir erwägen, in welcher Weise diese Substanzen respective von den Strahlen des Spectrums ergriffen werden. Beim Jodsilber findet sich eine solche Concentration der photographischen Kraft, die sich etwa von der Fraunhofer'schen Linie *G* bis etwas über *H* erstreckt, dafs wir selbst bei Anwendung von weifsem Lichte approximativ annehmen können, wir arbeiteten mit homogenem Licht. Deshalb, und nicht weil die Strahlen von hoher Brechbarkeit fähig seyen, ein ausgedehnteres Ringsystem als die von minderer Brechbarkeit zu erzeugen, sind auf der Photographie viel mehr Ringe vorhanden als man direct mit dem Auge in demselben weifsen Licht erblickt. Ueberdiefs zeigen die Ringe nicht denselben abnormen Charakter wie mit Bromsilber, bei welchem die photographische Kraft sich mehr über das ganze Spectrum ausbreitet.

Es ist nicht möglich das Auge und eine mit Bromsilber bereitete empfindliche Platte in Bezug auf die Bildung abnormer Ringe unter dieselben Umstände zu versetzen. Es wäre leicht, wenigstens theoretisch, Auge und Platte in Bezug auf Ringe unter gleiche Umstände zu versetzen, wenn man homogenes Licht anwendete; allein dann würden, wie ich nicht zweifle, die auf der Platte sichtbaren Ringe so regelmäfsig seyn wie die direct mit dem Auge gesehenen. Andrerseits wenn in der direct gesehenen Figur Farbenunterschiede vorhanden sind, so heftet sich unvermeidlich die Aufmerksamkeit darauf, und es ist unmöglich sich von ihnen zu befreien, ohne nicht zugleich das Licht so nahe homogen zu machen, dafs eben deshalb nichts Abnormes erscheinen würde. Hr. Crookes abnorme Ringe liefern also ein sehr interessantes Beispiel von gleichsam photographischer Schöpfung von Gestalten, die in dem direct vom Auge gesehenen Gegenstand nicht existiren.

XI. *Untersuchung über die Alkaloïde der Chinarinden; von Hrn. L. Pasteur.*

(*Compt. rend. T. XXXVII p.* 110.)

Es ist etwa ein halbes Jahrhundert, dafs das *Cinchonin*, welches der Dr. Duncan in Edinburgh schon halbwegs erkannte, von Gomès, einem Arzte in Lissabon, zuerst isolirt und rein dargestellt wurde. Er schrieb demselben die Wirksamkeit der Chinarinden zu, verkannte aber die chemische Natur des Alkalis, die erst gegen 1820 von den HH. Pelletier und Caventou wohl festgestellt wurde, zu derselben Zeit, da sie auch die so wichtige Entdeckung des *Chinins* machten. Zwölf Jahre später etwa fanden zwei andere französische Chemiker, die Hrn. Henry und Delondre, in der gelben Chinarinde ein drittes Alkaloïd auf, *Chinidin* von ihnen genannt. Im J. 1829 wies der, schon durch die Entdeckung des Morphins berühmte Sertürner in den Mutterlaugen des schwefelsauren Chinins eine unkrystallisirbare Basis nach, die er *Chinoïdin* nannte und der er bewundernswürdige fiebervertreibende Wirkungen zuschrieb.

Die allgemeinen Eigenschaften des Chinins und Cinchonins sind ziemlich wohl bekannt; allein über das Chinidin und Chinoïdin herrschen die widersprechendsten Ansichten.

Ich glaube alle Schwierigkeiten gehoben zu haben. Aufserdem bringt meine Arbeit ganz neue Molecular-Relationen zwischen den verschiedenen Alkaloïden der Chinarinden zur Evidenz. Folgendes sind die neuen Thatsachen, zu denen ich gelangt bin.

§. I. *Cinchonicin.* — Das Cinchonin, in irgend einer Salzverbindung, der Wirkung der Wärme ausgesetzt, verwandelt sich in eine neue Base, die mit ihm isomer, aber ganz verschieden von ihm ist. Diese nenne ich *Cinchonicin.* Alle Cinchoninsalze können zur Bereitung des Cinchoni-

cins angewandt werden; soll. aber die Umwandlung leicht und vollständig und der Zweck in nichts verfehlt seyn, so mufs das Cinchoninsalz unter gewisse Umstände versetzt werden. Erhitzt man die Cinchoninsalze, so schmelzen und zersetzen sie sich im Allgemeinen sogleich; und wenn man nicht durch einen besonderen Kunstgriff die Schmelzung bei einer Temperatur, die von der seiner Zersetzung etwas weit absteht, hervorruft, so entsteht zwar das Cinchonicin, wird aber durch eine stärkere Wirkung der Wärme sogleich zerstört. Das gewöhnliche schwefelsaure Cinchonin z. B., direct erhitzt, tritt in Schmelzung, zersetzt sich aber sogleich und liefert eine schön rothe harzige Substanz, welche ein verändertes Cinchonicin ist. Wenn man aber zum Sulfat, ehe man es der Wirkung der Wärme unterwirft, etwas Wasser und Schwefelsäure hinzusetzt, so bleibt es, selbst nach Austreibung allen Wassers, bei einer niedrigen Temperatur geschmolzen, und man braucht es dann nur in diesem Zustand von 120 bis 130° C. drei bis vier Stunden zu erhalten, um es gänzlich in schwefelsaures Cinchonicin zu verwandeln. Die Menge des erzeugten Farbestoffs ist ungemein schwach, fast unwägbar.

Ich beweise durch Thatsachen, die von allen Chemikern anerkannt werden, dafs, wenn die Wärme bei dieser Umwandlung des Cinchonins eine grofse Rolle spielt, der glasige harzige Zustand des Products einen wesentlichen Einflufs hat, und die Isomerie sicher in ihren Ursachen auf diejenigen Umwandlungen zurückkommt, von denen die Mineralchemie uns mehre Beispiele darbietet, im weichen Schwefel, im rothen Phosphor und in der glasigen arsenigen Säure.

§. II. *Chinicin.* — Alles eben Gesagte gilt Wort für Wort von den Chininsalzen. Diese Base, in irgend einer Verbindung, der Wirkung der Wärme unterworfen, verwandelt sich in ein neues, mit dem Chinin isomeres Alkaloid. Es ist nöthig und hinreichend, das Salz unter Umstände zu versetzen, die genau die eben für das Cinchoninsalz

angegebenen sind. Ich nenne die neue Base *Chinicin*. Das bequemste Verfahren zur Bereitung desselben besteht darin, dafs man dem käuflichen schwefelsauren Chinin etwas Wasser und Schwefelsäure zusetzt. Selbst nach Vertreibung von allem Wasser bleibt das Salz geschmolzen, und nachdem es in einem Oelbade drei bis vier Stunden 120 bis 130 Grad ausgesetzt worden, ist die ganze Masse in schwefelsaures Chinicin verwandelt, mit Bildung von äufserst wenig Farbstoff.

Was die Eigenschaften des Cinchonicins und Chinicins betrifft, so haben sie im Allgemeinen viel Analogie mit den Isomeren, aus welchen sie entstehen. Besonders zeigen sie unter sich die gröfsten Aehnlichkeiten. Beide sind fast unlöslich in Wasser, dagegen sehr löslich sowohl in gewöhnlichem als in absolutem Alkohol. Beide verbinden sich leicht mit Kohlensäure und treiben in der Kälte das Ammoniak aus seinen Salzverbindungen. Beide schlagen sich aus ihren Lösungen in Gestalt flüssiger Harze nieder, wie das Chinin unter gewissen Umständen. Beide endlich lenken die Polarisationsebene rechts ab. Auch sind sie in gleichem Grade sehr bitter und fiebervertreibend.

§. III. *Chinidin.* — Ich habe eben der Widersprüche erwähnt, die man in allen Arbeiten über das Chinidin antrifft. Diese Widersprüche entspringen sämmtlich daraus, dafs man unter dem Namen Chinidin zwei, in ihren physischen und chemischen Eigenschaften ganz verschiedene Alkaloïde verwechselt hat, die in dem käuflichen Chinidin fast beständig mit einander gemengt vorkommen, wenn man dasselbe nicht durch wiederholtes Umkrystallisiren gereinigt hat. So ist das im J. 1833 von den HH. Henry und Delondre entdeckte Chinidin etwas ganz Anderes als das, was man gegenwärtig in Deutschland und Frankreich so nennt; das deutsche Product enthält sehr oft eine starke Beimengung von dem, welches von den HH. Henry und Delondre entdeckt wurde. Man wird in meiner Abhandlung alle erforderlichen Details über die Eigenschaften und die Zusammensetzung der beiden Chinidine finden.

Ich bemerke hier blofs, um sie sogleich zu charakterisiren, dafs das eine von ihnen, für welches ich den Namen *Chinidin* beibehalte, wasserhaltig, efflorescirend, und mit dem *Chinin isomer ist*, dafs es die Polarisationsebene rechts ablenkt und die Eigenschaft besitzt, sich bei successivem Zusatz von Chlor und Ammoniak grün zu färben. Die andere Base, welcher ich den Namen *Cinchonidin* gebe, ist wasserfrei, *isomer mit dem Cinchonin*, lenkt die Polarisationsebene links ab, und besitzt nicht die eben erwähnte Eigenschaft des Grünwerdens. Diese überwiegt gegenwärtig in dem käuflichen Product. Setzt man frisch krystallisirtes Cinchonidin der heifsen Luft aus, so ist es immer leicht zu erkennen, ob es Chinidin enthalte. Alle Krystalle dieser letzten Base effloresciren sogleich unter Beibehaltung ihrer Form und stechen matt weifs gegen die klar gebliebenen Cinchonidinkrystalle ab. Man kann auch zu der Eigenschaft des Grünwerdens durch Chlor und Ammoniak seine Zuflucht nehmen.

Kurz es giebt in den Chinarinden hauptsächlich vier Alkalien: Chinin, Chinidin, Cinchonin und Cinchonidin.

§. IV. *Wirkung der Wärme auf das Chinidin und das Cinchonidin.* — Die beiden neuen Basen Chinidin und Cinchonidin habe ich der Wirkung einer mäfsigen Wärme ausgesetzt, wie ich es beim Chinin und Cinchonin that, und bin dabei zu genau denselben Resultaten gelangt. Die beiden neuen Basen nämlich verwandeln sich, Gewicht für Gewicht, mit derselben Leichtigkeit und unter denselben Umständen in ihre isomere Basen, wie es die Chinin- und Cinchoninsalze thun. Allein überdiefs, und das ist ohne Widerrede eine der wesentlichsten Thatsachen dieser Arbeit, sind die beiden durch Umwandlung des Chinidins und des Cinchonidins erhaltenen neuen Basen identisch, die erste mit dem Chinicin und die zweite mit dem Cinchonicin. Solchergestalt gelangen wir zu dem folgenden merkwürdigen Schlufs: von den vier hauptsächlich in den Chinarinden enthaltenen Basen, Chinin, Chinidin, Cinchonin und Cinchonidin, lassen sich die beiden ersteren, Ge-

wicht für Gewicht, in eine neue Base, das Chinicin, umwandeln, was beweist, dafs beide nothwendig isomer sind; und die beiden andern verwandeln sich unter denselben Umständen in eine zweite Base, das Cinchonicin, was ebenfalls beweist, dafs sie ihrerseits auch nothwendig isomer seyn müssen.

Die Molecularbeziehungen, auf welche diese Resultate hindeuten, gewinnen einen neuen Charakter, wenn man das Drehvermögen der obigen sechs Basen vergleicht. Betrachten wir zunächst die drei Isomeren: Chinin, Chinidin und Chinicin. Das Chinin lenkt links ab, das Chinidin rechts, und beide bedeutend, das Chinicin lenkt auch rechts ab, aber in sehr schwachem Grade, verglichen mit dem Drehvermögen der beiden anderen. Dieselben Verhältnisse zeigen sich bei den drei Isomeren: Cinchonin, Cinchonidin und Cinchonicin. Das Cinchonin lenkt rechts ab, das Cinchonidin links, beide bedeutend, das Cinchonicin dagegen lenkt sehr wenig rechts ab. Die logischste, ich möchte sagen, die gezwungene Auslegung dieser Resultate ist folgende. Das Chininmolecül ist doppelt, gebildet aus zwei wirksamen Körpern, von welchen der eine stark links und der andere sehr schwach rechts ablenkt. Dieser letztere, stabil unter dem Einflufs der Wärme, widersteht einer isomeren Umwandlung, und indem er im Chinicin unverändert bleibt, giebt er diesem das schwache Drehvermögen nach rechts. Der andere, dagegen sehr wirksame Körper wird, wenn man das Chinin erhitzt und dieses in Chinicin übergeht, unwirksam. Auf solche Weise würde das Chinicin nichts Anderes seyn als Chinin, in welchem eine der wirksamen constituirenden Gruppe unwirksam geworden wäre. Das Chinicin wäre ebenso Chinidin, in welchem eine der wirksamen constituirenden Gruppe unwirksam geworden seyn würde. Allein im Chinidin drehte diese sehr wirksame Gruppe rechts, statt links, wie im Chinin, und immer vereinigt mit derselben rechten, wenig wirksamen und stabilen Gruppe, welche im Chinicin verbleibt, um ihm sein schwaches Drehvermögen nach rechts einzuprägen.

Was ich eben gesagt, könnte ich Wort für Wort wiederholen in Bezug auf die drei Isomeren: Cinchonin, Cinchonidin und Cinchonicin, welche respective wie ihre drei Verwandten (*congénères*) constituirt sind, denn sie bieten genau dieselben Relationen dar.

§. V. *Chinoïdin.* — Ich gehe nicht in das Detail der von mir über das Chinoïdin angestellten Versuche; allein es giebt einen Punkt, auf welchen ich die Aufmerksamkeit der Fabrikanten des schwefelsauren Chinins und der Compagnien, die in Amerika Chinarinden einsammeln lassen, hinlenken möchte. Das Chinoïdin ist immer ein Product der Veränderung der China-Alkalien. Es ist zweierlei Ursprungs. Es entsteht bei der Fabrikation des schwefelsauren Chinins und vor allem in den Wäldern der neuen Welt, wenn der Holzhauer die Rinde, nach Absonderung von dem Baum, in die Sonne stellt, um sie zu trocknen. Alsdann verändern und verwandeln sich die in den Rinden enthaltenen Chinin-, Cinchonin- u. s. w. Salze in harzige und farbige Stoffe, welche den gröfseren Theil des käuflichen Chinoïdins ausmachen. In der That habe ich gefunden, dafs, wenn man irgend ein Chinin- oder Cinchonin-Salz, in verdünnter oder concentrirter Lösung, auf einige Stunden der Sonne aussetzt, es sich bis zu dem Grade verändert, dafs die Flüssigkeit eine ungemein dunkle rothbraune Farbe annimmt. Diese Veränderung ist übrigens von gleicher Natur wie die, welche es unter dem Einflufs einer höheren Temperatur erleidet. Ich glaube also, dafs man beträchtliche Verlüste von Chinin, Cinchonin u. s. w. vermeiden und die fernere Gewinnung dieser Basen erleichtern würde, wenn man die Vorsicht träfe, die Chinarinden nach ihrer Abschälung gegen das Licht zu schützen und im Dunklen zu trocknen. Der Chininfabrikant hätte ebenso jede lebhafte Lichtwirkung zu vermeiden.

XII. *Umwandlung der Weinsäure in Traubensäure. Entdeckung von unwirksamer Weinsäure. Neue Methode der Zerlegung von Traubensäure in Rechts- und in Linksweinsäure;* *von Hrn.* L. Pasteur.

(*Compt. rend.* T. *XXXVII.* p. 162.)

In der Arbeit, welche ich die Ehre hatte am letzten Montag der Akademie vorzulegen, zeigte ich, dafs alle Cinchonin-, Chinin-, Chinidin- und Cinchonidin-Salze sich durch Erwärmung umwandeln lassen in Salze von Chinicin und Cinchonicin, zwei neuen organischen Basen, die respective isomer sind mit Chinin, Chinidin, Cinchonin und Cinchonidin. Bedient man sich beim Studium dieser isomeren Umwandlungen der weinsauren Salze obiger Basen, und setzt die Wirkung der Wärme über den Punkt fort, welcher Cinchonicin und Chinicin liefert, so gelangt man dahin, dafs sich der modificirende Einflufs auf die Weinsäure selber wirft. Um die Ideen zu fixiren, wollen wir ausschliefslich das weinsaure Cinchonin betrachten. Dieses Salz, einer allmälig wachsenden Temperatur ausgesetzt, wird zunächst weinsaures Cinchonicin. Fährt man mit dem Erhitzen fort, so verändert sich das Cinchonicin; es verliert Wasser, färbt sich und verwandelt sich in Chinoïdin. Andererseits erleidet die Weinsäure wichtige Veränderungen, und nach fünf bis sechs Stunden einer anhaltenden Temperatur von 170° C. ist ein Theil derselben zu Traubensäure geworden. Man zerbricht die Phiole und behandelt die darin enthaltene schwarze harzige Masse zu wiederholten Malen mit siedendem Wasser, filtrirt die Flüssigkeit nach dem Erkalten und fügt Chlorcalcium in Ueberschufs hinzu, wodurch sogleich alle Traubensäure als traubensaurer Kalk niederfällt, aus welchem sich die Traubensäure leicht darstellen läfst.

Die Hauptrolle, welche das Cinchonin bei dieser Opera-

tion spielt, besteht darin, dafs es der Weinsäure ein wenig Stabilität verleiht und ihr gestattet, ohne Zersetzung eine Temperatur zu ertragen, welche sie im freien Zustand rasch verändert haben würde. Das Cinchonin und Cinchonicin, als auf das polarisirte Licht einwirkende Substanzen, spielen bei dieser Umwandlung keine Rolle. Der Weinäther z. B., obgleich eine Verbindung der Weinsäure mit einem unwirksamen Körper, liefert, weil er eine hohe Temperatur ohne Zersetzung ertragen kann, bei der Erwärmung ebenfalls bedeutende Mengen von Traubensäure.

Die somit künstlich erhaltene Traubensäure ist in allen ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften vollkommen identisch mit der natürlichen Traubensäure. Besonders besitzt sie die wichtige Eigenschaft, dafs sie in Rechts- und Links-Weinsäure zerlegbar ist, welche Säuren in ihren Salzverbindungen ein gleich grofses, aber entgegengesetztes Drehvermögen zeigen.

Diese Zerfällung der künstlichen Traubensäure in Rechts- und Links-Weinsäure führt uns zu dem Schlufs, dafs die gewöhnliche Rechts-Traubensäure künstlich umgewandelt werden könne in ihr Umgekehrtes, die Links-Traubensäure; — eine ungemein merkwürdige Folgerung, wenn man sie verknüpft mit der merkwürdigen Thatsache, die ohne Zweifel dereinst ihre Erklärung finden wird, dafs niemals, unter keinen Umständen, aus einem unwirksamen Körper ein auf das polarisirte Licht wirkendes Product gemacht worden ist, während fast alle von der Natur im pflänzlichen Organismus hervorgebrachte Substanzen dissymmetrisch sind nach Art der Weinsäure.

Was dieser Thatsache der Umwandlung von Weinsäure in Traubensäure noch eine besondere Originalität verleiht, ist der von mir nachgewiesene Umstand, dafs unter denselben Bedingungen die Links-Traubensäure ihrerseits in Traubensäure übergeht. Welch seltsame Gefügigkeit findet sich in den natürlichen organischen Verbindungen offenbart! Ein Verein von dissymmetrischen rechten und linken Molekülen verwandelt sich zur Hälfte, durch blofsen Einflufs einer

höheren Temperatur, in umgekehrte Moleküle, die, einmal erzeugt, sich mit den ersteren verbinden.

Lange Zeit hielt ich die Erzeugung von Traubensäure aus Weinsäure für unmöglich. Ich sagte mir nämlich: die Traubensäure ist eine Verbindung von Rechts und Linksweinsäure. Das Problem der Umwandlung der Rechtsweinsäure in Traubensäure ist also dasselbe wie das der Umwandlung der Rechtsweinsäure in Linksweinsäure. Aber alles, was man mit der Rechtssäure vornimmt, nimmt man auch unter gleichen Umständen mit der Linksäure vor. Wenn also irgend eine Operation die Rechts- in Linkssäure verwandelte, so würde dieselbe Operation die Links- in Rechtssäure überführen. Die Umwandlung scheint also unmöglich. Man kann höchstens zu einer unwirksamen Säure gelangen.

Glücklicherweise hat die Erfahrung diese theoretischen Deductionen als falsch erwiesen. Wie dem aber auch seyn möge, sie dienten mir als Führer, und wie wenig ich auch geneigt war nach der Umwandlung der Weinsäure in Traubensäure zu suchen, so sehr habe ich die Versuche vervielfältigt, um zur unwirksamen Weinsäure zu gelangen. Nicht bloſs, daſs mir die Existenz derselben aus theoretischen Gründen wahrscheinlich schien, kannte ich auch den innigen Zusammenhang zwischen Weinsäure und Apfelsäure, und hatte früher sogar unwirksame Apfelsäure erhalten. Gerade beim Suchen nach der unwirksamen Weinsäure fand ich nun die Traubensäure. Allein sonderbarer- und sehr glücklicherweise lieferte mir dieselbe Operation auch sehr bedeutende Mengen von der unwirksamen Weinsäure selbst. Mit anderen Worten, ich erhielt zugleich mit der Traubensäure eine Weinsäure, die durchaus keine Wirkung auf das polarisirte Licht ausübte und, unter denselben Umständen wie die Traubensäure, niemals in Rechts- und Linksweinsäure zerlegbar war, eine ungemein sonderbare Säure, die vollkommen krystallisirt und Salze giebt, die an Schönheit ihrer Form weder den weinsauren, noch den traubensauren Salzen nachstehen. Ich habe vorhin gesagt,

dafs, wenn man das mehre Stunden auf 170° C. erhitzte weinsaure Cinchonin mit Wasser behandelt und darauf Chlorcalcium hinzugesetzt hat, die auf Kosten der Weinsäure gebildete Traubensäure sich als traubensaurer Kalk niederschlägt. Filtrirt man, um letzteren abzuscheiden, die Flüssigkeit sogleich, so setzt sich nach 24 Stunden eine neue Krystallisation ab, die unwirksamer weinsaurer Kalk ist, aus welchem man die unwirksame Weinsäure leicht darstellen kann.

Endlich habe ich gefunden, dafs in vorstehender Operation die unwirksame Weinsäure nur auf Kosten der schon gebildeten Traubensäure entsteht. Diefs geht daraus hervor, dafs, wenn man traubensaures Cinchonin einige Stunden in 170° C. erhält, ein bedeutender Theil sich in diese selbe unwirksame Weinsäure verwandelt.

Die Chemie findet sich also gegenwärtig im Besitz von vier Weinsäuren: Die Rechtssäure, die Linkssäure, die Verbindung beider oder die Traubensäure und die unwirksame Säure, die weder rechts, noch links ist, auch nicht aus einer Verbindung von rechts und links besteht. Diefs ist die gewöhnliche Weinsäure, die *entzwirnte* (*détordu*), wenn ich mich dieses Ausdrucks bedienen darf, der meine Ansicht roh (*grossièrement*) bezeichnet und vielleicht weiter als sie geht, denn man kann beim Studium dieser schwierigen Aufgaben nicht Vorsicht genug anwenden. Sicherlich ist diese Reihe von vier isomeren Weinsäuren ein Typus, dem sich in der Folge noch viele andere anreihen werden.

Man könnte indefs fürchten, dafs bei den ferneren Anwendungen dieser neuen Resultate sich eine ernstliche Schwierigkeit erhöbe. Um nämlich von der Rechtssäure zur Linkssäure zu gelangen, mufs man durch die Verbindung beider, die Traubensäure, gehen, und diese dann zerfällen. Allein welchen Zerfällungsprocefs habe ich für die Traubensäure angewandt? Die Akademie wird sich dessen erinnern: Ich bilde das Doppelsalz von Natron und Ammoniak. Die entstehenden Krystalle sind zweierlei Art und

werden mechanisch nach dem Charakter ihrer hemiëdrischen Form gesondert. Hierin liegt nichts Allgemeines. Die Zerfällung bietet sich hier als ein Zufall dar. Es ist ohne Zweifel ein sehr sonderbares Phänomen, von dem man aber keine nähere Ursache sieht. Ueberdiefs ist es blofs ein einziges traubensaures Salz, welches dieser Zerfällung fähig ist; folglich würde man in einer anderen Reihe als die Weinsäure-Reihe eine neue Traubensäure erhalten, bei welcher man, sehr wahrscheinlich, auf die unübersteigliche Schwierigkeit, sie zu zerfällen, stofsen würde, und das Umgekehrte des Products, von dem man ausgegangen, um sie zu erhalten, würde unbekannt bleiben. Das war noch unlängst der Zustand der Aufgabe; allein neuerlich bin ich zu einem Verfahren der Zerfällung der Traubensäure gelangt, das nicht mehr manuell und mechanisch, sondern chemisch ist, auf ganz allgemeinen Thatsachen beruht.

In der der Akademie vor einem Jahre überreichten Arbeit habe ich nämlich gezeigt, dafs die absolute Identität der physischen und chemischen Eigenschaften der nicht sich deckenden rechten und linken Körper zu existiren aufhört, sobald man diese Producte mit wirksamen Körpern zusammenbringt. So sind die rechts- und linksweinsauren Salze eines selben wirksamen organischen Alkalis ganz verschieden in ihren Krystallformen, ihrer Löslichkeit u. s. w.; es war also zu hoffen, dafs man diese Unähnlichkeit werde benutzen können, um die beiden die Traubensäure zusammensetzenden Weinsäuren zu isoliren. Diesen Dienst haben mir nach vielen fruchtlosen Versuchen mit verschiedenen Alkalien die beiden Basen Chinicin und Cinchonicin geleistet. Wenn man z. B. traubensaures Cinchonicin bereitet, geschieht es bei einer gewissen Concentration der Flüssigkeit immer, dafs die erste Krystallisation zum gröfseren Theile aus linksweinsaurem Cinchonicin besteht. Das rechtsweinsaure Salz bleibt in der Mutterlauge. Ein ähnliches Resultat erhält man mit dem Chinicin, nur dafs hiebei das rechtsweinsaure Salz sich zuerst ausscheidet. Wenn man also in einem organischen Product eine binäre

Constitution analog wie die der Traubensäure vermuthet, so mufs man dessen Zerfällung versuchen, dadurch, dafs man es mit einem activen Product zusammenbringt, welches durch die nothwendige Unähnlichkeit der Eigenschaften der Verbindungen, welche es mit dem Componenten der complexen Gruppe zu bilden fähig ist, die Trennung dieser letzteren erlaubt.

XIII. *Notiz über die latente und specifische Wärme des Eises.*

Suum cuique.

Die latente Wärme des Eises ist der Gegenstand mehrfacher Untersuchungen gewesen, ihr numerischer Werth indefs ziemlich verschieden ausgefallen. So erhielt Black die Zahl 80, Wilcke 72, Laplace und Lavoisier 75. Die letztere Zahl galt lange für die richtigere, bis Regnault, so wie Provostaye und Desains sie als fehlerhaft bezeichneten und durch ihre Versuche 79,1 fanden. Indefs hat Person gezeigt, dafs auch diese Zahl etwas zu klein ist, und der wahre Werth = 80 gesetzt werden mufs, wodurch wir also auf den zuerst von Black gefundenen zurückgekommen sind.

Es giebt indefs über die latente und specifische Wärme des Eises eine Untersuchung, welche ich niemals in physikalischen Schriften angeführt gefunden habe und doch verdient, der Vergessenheit entrissen zu werden, nämlich die von Joh. Gadolin in den *Nov. Act. Reg. Soc. Upsal. Vol. V.* Zwar können die einzelnen Versuche nicht mit den neueren an Genauigkeit wetteifern, aber diefs wird in bedeutendem Maafse ersetzt durch ihre grofse Anzahl, die nicht weniger als 184 beträgt, und überdiefs hat selbst die Beobachtungsweise eigene Vorzüge.

Gadolin wandte bei seinen Versuchen zwei Gefäſse von verschiedener Gröſse an, und mengte abwechselnd bald das warme Wasser zum Schnee, bald den Schnee zum warmen Wasser. Dadurch gewann er den Vortheil, daſs der mögliche Fehler in dem Wärme-Aequivalent des Gefäſses zum guten Theil aus dem Mittelwerth der Beobachtungen herausfiel. Dieſs gilt auch vom Wärme-Aequivalent des Thermometers, welches, da seiner in der Abhandlung nicht erwähnt wird, wahrscheinlich nicht in Rechnung gezogen ward. Da der Schnee immer sehr nahe die Temperatur des Zimmers hatte, so erforderte dieſs eine Berichtigung wegen der Strahlung. Diese brachte Gadolin auf die Weise an, daſs er die Temperatur des Gemenges am Ende jeder Minute, während der ersten 8 bis 9 Minuten, beobachtete, und daraus die wirkliche Temperatur für den Vermengungs-Augenblick berechnete. Zwei Umstände können indeſs diese Berechnungsweise minder zuverlässig machen. Der eine ist: daſs, wenn innerhalb der ersten Minuten die Temperatur des Gefäſses von der des Schnees oder des warmen Wassers auf die des Gemenges steigt oder fällt, die Strahlung in den ersten Minuten nicht ganz analog der in den folgenden ist. Der andere, aber dem ersten entgegenwirkende Umstand besteht darin, daſs, in Folge der vermuthlich geringen Empfindlichkeit der Thermometer, die Mengungstemperatur, wenn der Schnee zum warmen Wasser gesetzt wurde, etwas zu hoch, und im umgekehrten Fall, etwas zu niedrig beobachtet wurde. Indeſs verschwinden alle diese Fehler gröſstentheils in den Beobachtungsmitteln. Fehler in der Graduirung der Thermometer scheint man gar nicht befürchten zu brauchen, da die Temperaturen in Hundertelgraden angegeben sind, das warme Wasser von 19° bis 50° und das Gemenge von 1° bis 13° schwankte. Es bleibt indeſs die Zuverlässigkeit in der Temperatur des warmen Wassers zu bestimmen übrig, und zugeben muſs man auch, daſs die Erhitzung mit der Weingeistlampe in dieser Hinsicht keine volle Bürgschaft gewährt. Ich finde indeſs keinen Grund, welcher zu der

Annahme berechtigte, dafs diese Bestimmungen mit einem gemeinsamen constanten Fehler behaftet wären. Bei Zusetzung des Wassers zum Schnee könnte man möglicherweise einen Wärmeverlust vermuthen, aber dieser dürfte für die kurze Zeit der Erkaltung nicht bedeutend seyn. Die Menge der Beobachtungen würde daher die geringere Genauigkeit in der Bestimmung der Temperatur des Wassers ersetzen können. Gadolin vertheilte seine Beobachtungen in 15 Gruppen, und erhielt so, wenn $t =$ Mitteltemperatur des Schnees, und $c = 0{,}5241$, die specifische Wärme des Schnees, für die latente Wärme L:

t^0	$L + ct^0$	L	t^0	$L + ct^0$	L
— 0°,38	81°,45	81°,25	— 8°,42	85°,65	81°,23
— 1 ,49	81 ,95	81 ,21	— 9 ,48	86 ,08	81 ,12
— 2 ,48	82 ,61	81 ,31	— 10 ,55	86 ,76	81 ,23
— 3 ,59	83 ,22	81 ,33	— 11 ,44	86 ,91	80 ,90
— 4 ,47	83 ,32	80 ,98	— 12 ,53	87 ,78	81 ,22
— 5 ,48	84 ,04	81 ,17	— 14 ,05	88 ,72	81 ,36
— 6 ,62	84 ,32	80 ,85	— 17 ,45	90 ,57	81 ,43
— 7 ,66	85 ,25	81 ,23			81 ,19.

Da indefs die Beobachtungen in den vorstehenden 15 Gruppen auf zweierlei Weisen und mit zwei ungleich grofsen Gefäfsen angestellt wurden, sie also vier besondere Reihen bilden, so habe ich es für interessant gehalten, jede Reihe für sich zu berechnen, damit man deren Genauigkeit näher beurtheilen könne. Dabei erhielt ich, wenn die Mengung geschah:

	t^0	$L + ct^0$	L	Anzahl d. Beobb.
im grofsen Gefäfs und im Schnee	— 8°,54	85,613	81,133	48
» » » » » Wasser	— 8 ,22	85,365	81,058	38
im kleinen Gefäfs und im Schnee	— 8 ,22	85,446	81,224	59
» » » » » Wasser	— 7 ,17	84,825	81,068	39
		Mittel	81,119.	

Wie man sieht, gaben die Mengungen im Schnee einen etwas gröfseren Werth, was, nach dem zuvor Angeführten, seinen Grund haben kann in der Vernachlässigung des

Aequivalent des Thermometers, in dessen mangelhafter Empfindlichkeit oder in einem geringen Wärmeverlust beim Zugiefsen des Wassers. Indefs sind die Unterschiede nicht gröfser, als dafs sie nicht auch möglichen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten; und da der constante Fehler, wenn er sich findet, sich nothwendig in den vier Reihen ungleich äufsern müfste, so scheint der erhaltene Werth 81,1 alles Zutrauen zu verdienen. Es fragt sich nun: Sind die specifischen Wärmen des Eises und des Schnees verschieden oder ist Person's Zahl noch zu klein? Gadolin fand keinen Unterschied, der Schnee mochte von feinster Textur (*subtilissimae texturae*) oder körnig seyn.

In derselben Abhandlung findet Gadolin für *Wachs*

$$c = 0{,}5318 \text{ und } L = 39{,}290$$

und schliefst daraus, die Annahme eines absoluten Nullpunkts, nach Crawford, sey unhaltbar, weil derselbe für das Wasser auf $-170^{\circ}{,}6$ und für das Wachs auf $-480^{\circ}{,}3$ zu liegen komme.

Upsala. Ångström.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1853. ANNALEN №. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XC.

I. *Ueber die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die thermoelektrischen Erscheinungen; von R. Clausius.*

(Fortsetzung des im 87sten Bande dieser Ann. enthaltenen Aufsatzes »über die bei einem stationären elektrischen Strome in dem Leiter gethane Arbeit und erzeugte Wärme«.)

In dem in der Ueberschrift erwähnten Aufsatze wurden die Wirkungen des als stationär vorausgesetzten Stromes nur innerhalb eines *homogenen* Leiters betrachtet, von welchem noch angenommen wurde, 1) dafs er durch den Strom weder eine mechanische noch eine chemische Veränderung erleide, und 2) dafs keinerlei inducirende Wirkungen zwischen ihm und andern Leitern oder Magneten stattfinden. In diesem Falle war nur die Kraft zu betrachten, welche den Leitungswiderstand überwindet, und die von dieser Kraft gethane Arbeit, sowie die damit verbundene Wärmeerzeugung wurden dort ermittelt, und die Uebereinstimmung der so gefundenen Resultate mit der Erfahrung nachgewiesen.

In dem Nachfolgenden wollen wir die beiden zuletzt angeführten Bedingungen ebenfalls beibehalten, dagegen wollen wir statt des homogenen Leiters einen solchen betrachten, der aus mehreren ohne Elektrolyse leitenden Stoffen zusammengesetzt ist, wobei es hauptsächlich die an den Berührungsflächen je zweier Stoffe stattfindenden Vorgänge sind, welche unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen werden.

Man pflegt es als eine durch elektroskopische Versuche hinlänglich erwiesene Thatsache zu betrachten, dafs bei der Berührung zweier verschiedener Stoffe eine elektrische

Spannungsdifferenz zwischen ihnen eintrete, indem sich die Elektricität ungleich unter ihnen theile. Hiernach mufs man für den Zustand des Gleichgewichtes annehmen, dafs die Potentialfunction zwar innerhalb jedes einzelnen Stoffes constant sey, aber in zwei sich berührenden Stoffen verschiedene Werthe habe [1]), und für den während eines continuirlichen Stromes stattfindenden Zustand, dafs die Potentialfunction sich innerhalb jedes einzelnen Stoffes nur allmälig, an der Berührungsfläche zweier Stoffe aber plötzlich ändere.

Wir wollen diese Thatsache vorläufig ebenfalls als feststehend annehmen, und zu weiteren Schlüssen benutzen. Die Vergleichung der letzteren mit der Erfahrung kann dann ihrerseits wieder dazu dienen die Zulässigkeit jener Annahme zu prüfen. Bezeichnen wir also die Potentialfunction innerhalb des ersten und zweiten Stoffes zur Unterscheidung mit V_1 und V_2, so findet für je zwei Punkte, welche sich zu beiden Seiten der Berührungsfläche sehr nahe gegenüberliegen, die Gleichung

$$(1.) \quad V_2 - V_1 = E$$

statt, worin E eine von der Beschaffenheit der sich berührenden Stoffe abhängige Gröfse ist, welche wir im Folgenden immer kurz *die elektrische Differenz* nennen wollen.

Man darf diese plötzliche Aenderung der Potentialfunction natürlich nicht im streng mathematischen Sinne als einen Sprung betrachten, welcher in einer mathematischen Fläche stattfindet, sondern nur als eine sehr schnelle Aenderung in der Nähe dieser Fläche. Zur Erklärung derselben mufs man, wie schon mehrfach, und besonders be-

1) In elektrostatischen Untersuchungen legt man gewöhnlich den Satz zu Grunde, dafs in einem ganzen Systeme unter sich verbundener Leiter im Zustande des Gleichgewichtes die Potentialfunction überall denselben Werth habe; dadurch sollen aber die durch Verschiedenheit der Stoffe bedingten Unterschiede nicht bestritten werden, sondern sie sind nur ihrer Kleinheit wegen vernachlässigt, da man es in der Elektrostatik gewöhnlich mit viel gröfseren Unterschieden zu thun hat.

stimmt neuerdings von Helmholtz [1]) ausgesprochen ist, zwei zu beiden Seiten der Berührungsfläche sich gegenüberliegende entgegengesetzt elektrische Schichten annehmen, also eine ähnliche Anordnung, wie bei einer geladenen Leidener Flasche oder Franklin'schen Tafel.

Es entsteht nun aber die Frage, was es für eine Kraft ist, welche diese beiden Schichten, die doch durch keinen nichtleitenden Körper von einander getrennt sind, hindert, sich in ihrem elektrischen Zustande auszugleichen, und welche sogar, wenn die Elektricität einen anderen Weg zur Ausgleichung hat, in demselben Maafse, wie dadurch die Differenz an der Berührungsfläche geringer werden würde, immer neue Elektricität von der negativen nach der positiven Seite hinübertreibt, und so einen fortwährenden elektrischen Strom möglich macht.

Helmholtz spricht sich darüber in seiner Schrift »über die Erhaltung der Kraft« S. 47 folgendermaafsen aus. »Es lassen sich nämlich offenbar alle Erscheinungen in Leitern erster Klasse (d. h. solchen, in denen die Leitung der Elektricität ohne Elektrolyse stattfindet) herleiten aus der Annahme, dafs die verschiedenen chemischen Stoffe verschiedene Anziehungskräfte haben gegen die beiden Elektricitäten [2]), und dafs diese Anziehungskräfte nur in unmeſsbar kleinen Entfernungen wirken, während die Elektricitäten auf einander es auch in gröſseren thun. Die Contactkraft würde danach in der Differenz der Anziehungskräfte bestehen, welche die der Berührungsstelle zunächst liegenden Metalltheilchen auf die Elektricitäten dieser Stelle ausüben, und das elektrische Gleichgewicht eintreten, wenn ein elektrisches Theilchen, welches von dem einen zum

1) Diese Ann. Bd. 89.

2) Ob man zwei Elektricitäten oder nur Eine annimmt, ist hierbei gleichgültig. Wenn ich daher im Folgenden der Bequemlichkeit wegen, übereinstimmend mit meinem vorigen Aufsatze, immer nur von Einer Elektricität spreche, so hat das auf die Resultate gar keinen Einfluſs, da sich, wie ich schon dort erwähnt habe, alle Schlüsse leicht aus der einen Hypothese in die andere übersetzen lassen.

andern übergeht, nichts mehr an lebendiger Kraft verliert oder gewinnt.«

Mit dieser Erklärung stimmen meines Wissens auch die Ansichten der meisten anderen Physiker überein, wenn die darüber vorhandenen Aussprüche auch minder klar und bestimmt sind; dessen ungeachtet glaube ich ihr wenigstens theilweise widersprechen zu müssen. Ob überhaupt eine elektrische Differenz in der hier angegebenen Weise blofs durch die verschiedenen Anziehungskräfte verschiedener chemischer Stoffe gegen die Elektricität hervorgebracht wird, mag vorläufig dahingestellt bleiben, dafs sich aber hieraus, wie behauptet wird, *alle* Erscheinungen in Leitern erster Klasse herleiten lassen, mufs ich bestreiten. Zur Erklärung der thermoelektrischen Ströme, und der von Peltier entdeckten, durch einen elektrischen Strom verursachten Wärme- und Kälteerregung an der Berührungsstelle zweier Stoffe reicht diese Annahme nicht hin, sondern dazu ist eine andere Annahme nothwendig, nämlich die, *dafs die Wärme selbst bei der Bildung und Erhaltung der elektrischen Differenz an der Berührungsstelle wirksam ist, indem die Molecularbewegung, welche wir Wärme nennen, die Elektricität von dem einen Stoffe zum anderen zu treiben strebt, und nur durch die entgegenwirkende Kraft der beiden dadurch gebildeten elektrischen Schichten, wenn diese eine gewisse Dichtigkeit erreicht haben, daran verhindert werden kann.*

Um dieses zuerst aus den thermoelektrischen Strömen nachzuweisen, denken wir uns irgend eine aus zwei Stoffen, als welche wir der Regel nach Metalle annehmen können, gebildete Kette gegeben. Wenn sich die ganze Kette in gleicher Temperatur befindet, so sind natürlich die elektrischen Differenzen an den beiden Berührungsstellen gleich grofs, und die Potentialfunction kann daher in jedem Metalle für sich einen constanten Werth haben, wie es dem Gleichgewichtszustande entspricht. Werden nun aber die beiden Berührungsstellen in verschiedene Temperaturen gebracht, so entsteht ein Strom, und daraus mufs man schlie-

fsen, dafs in Bezug auf die Vertheilung der Elektricität eigenthümliche Bedingungen eingetreten sind, die sich durch keinen Gleichgewichtszustand erfüllen lassen.

Solche Bedingungen lassen sich aus der Annahme, dafs die elektrischen Differenzen nur durch die verschiedenen Anziehungskräfte chemisch verschiedener Stoffe gegen die Elektricität hervorgebracht werden, nicht herleiten. Zunächst ist es überhaupt sehr unwahrscheinlich, dafs solche Anziehungskräfte sich mit der Temperatur ändern sollten, und wenn dieses nicht der Fall wäre, so würde die Wärmevertheilung auf die Elektricitätsvertheilung gar keinen Einflufs haben. Aber wenn man auch diesen Einwand fallen läfst, und die Abhängigkeit der Anziehungskräfte von der Temperatur als möglich zugiebt, so ist damit doch zur Erklärung einer fortwährenden Bewegung der Elektricität noch gar nichts gewonnen, denn alsdann würde einfach jeder Theil der Kette so viel Elektricität zu sich heranziehen, wie seiner augenblicklichen Anziehungskraft entspräche, und würde diese, so lange die Temperaturverhältnisse der Kette dieselben blieben, festhalten. Man kann denselben Schlufs auch in folgender Weise aussprechen. Wenn ein Stoff bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Anziehungskräfte gegen die Elektricität besäfse, so würden sich zwei verschieden warme Theile desselben Stoffes in dieser Beziehung eben so zu einander verhalten, wie zwei verschiedene Stoffe bei gleicher Temperatur, so dafs auch zwischen ihnen eine elektrische Differenz entstehen müfste. Hiernach würde eine Temperaturverschiedenheit in den Theilen einer thermoelektrischen Kette gerade so wirken, *wie eine vermehrte Stoffverschiedenheit bei gleicher Temperatur*, welche wohl einen veränderten elektrischen Gleichgewichtszustand, aber nie einen dauernden elektrischen Strom zur Folge haben kann.

Anders verhält es sich, wenn man annimmt, dafs die Wärme selbst bei der Bildung der elektrischen Differenzen an den Berührungsstellen wirksam sey. Diese Annahme macht es nicht nur möglich, sondern sogar sehr

wahrscheinlich, dafs die Gröfse der Differenzen von den dort stattfindenden Temperaturen abhänge, und giebt dabei doch durchaus keine Veranlassung zu dem Schlusse, dafs auch zwischen den verschieden warmen Theilen eines und desselben Stoffes entsprechende elektrische Differenzen entstehen müssen. Man erhält also bei dieser Annahme in der That den eigenthümlichen Fall, dafs einerseits die Verschiedenheit der elektrischen Differenzen an den beiden Berührungsstellen es nothwendig macht, dafs die Potentialfunction in den verschiedenen Theilen der einzelnen Stoffe *verschiedene* Werthe besitzt, und dafs sich andererseits innerhalb jedes einzelnen Stoffes der elektrische Zustand so auszugleichen sucht, dafs die Potentialfunction in allen seinen Theilen *denselben* Werth hat. Diese beiden Bedingungen lassen sich durch einen Gleichgewichtszustand nicht gleichzeitig erfüllen, sondern erfordern einen continuirlichen Strom, ganz so, wie es der wirklichen Beobachtung entspricht.

Wir wenden uns nun zu der zweiten der oben erwähnten Erscheinungen, zu der von Peltier entdeckten, an der Berührungsfläche zweier Stoffe durch einen elektrischen Strom verursachten Wärme- oder Kälteerregung. Von dieser Wirkung gilt natürlich dasselbe, was oben von der Veränderung der Potentialfunction gesagt ist, dafs sie nicht auf eine mathematische Fläche beschränkt seyn kann, sondern über den körperlichen Raum einer, wenn auch nur sehr dünnen Schicht vertheilt seyn mufs. Wir wollen diese Schicht, welche jedenfalls die beiden oben erwähnten elektrischen Schichten und den zwischen ihnen befindlichen Raum in sich begreift, die *Uebergangsschicht* nennen. Zur Erklärung der in dieser Schicht stattfindenden Erzeugung oder Vernichtung von Wärme *mufs eine entsprechende, von irgend einer Kraft gethane positive oder negative mechanische Arbeit nachgewiesen werden.*

Bevor ich auf die Betrachtung dieser Arbeit speciell eingehen kann, mufs ich zur Verständigung ein Paar allgemeine Bemerkungen über die mechanische Arbeit und

ihren Zusammenhang mit der Kraft voraufschicken. Wenn ein Punkt sich unter dem Einflusse einer Kraft bewegt so nennt man bekanntlich das Product der Weglänge und der in die Richtung des Weges fallenden Kraftcomponente die mechanische Arbeit. Bei dieser Arbeit scheint es mir aber zweckmäfsig, sie so viel wie möglich, und mehr als es gewöhnlich geschieht, *ausdrücklich* auf die bei ihrer Bestimmung berücksichtigte Kraft zu beziehen, denn häufig kommt es vor, dafs auf einen Punkt mehrere Kräfte gleichzeitig wirken, welche man nicht in ihrer gemeinsamen Resultante, sondern einzeln betrachten will, und besonders hat man es bei den durch Maschinen hervorgebrachten Bewegungen fast immer mit zwei verschiedenen Kräften, der treibenden und der widerstehenden, zu thun. In solchen Fällen sind in derselben Bewegung mehrere Arbeitsgröfsen enthalten, welche streng unterschieden werden müssen, und bei denen eine Unbestimmtheit des Ausdruckes leicht zu Verwirrungen führen kann. — Ferner bezeichnet man die Arbeit, jenachdem die Bewegung mit der wirksamen Kraftcomponente gleich- oder ihr entgegengerichtet ist, als *positiv* oder *negativ*. Ich finde aber, dafs es häufig zur bequemeren Verbindung der Arbeit mit der Kraft, und überhaupt zur leichteren Darstellung wünschenswerth ist, diesen Unterschied auch durch das Verbum ausdrücken zu können, und zu diesem Zwecke schlage ich vor, die Arbeit im ersteren Falle eine von der Kraft *gethane*, im letzteren eine von der Kraft *erlittene* zu nennen, so dafs also der Ausdruck »die Kraft erleidet eine Arbeit« so viel bedeutet, als »sie thut eine negative Arbeit.«

Indem wir nun zur Betrachtung der innerhalb der Uebergangsschicht stattfindenden Vorgänge schreiten, wollen wir dabei zunächst wieder von der von Helmholtz ausgesprochenen Annahme ausgehen. Nach dieser wirken auf ein in diesem Raume befindliches Elektricitätstheilchen zwei verschiedene Kräfte, erstens eine rein elektrische Kraft, indem das Theilchen zwischen den beiden elektrischen Schichten von der einen angezogen und von der anderen

abgestofsen wird, und zweitens eine Molecularkraft, indem das Theilchen von den auf beiden Seiten befindlichen verschiedenartigen Molecülen verschieden stark angezogen wird. Wenn sich der Gleichgewichtszustand hergestellt hat, so wirken sich diese beiden Kräfte mit gleicher Stärke entgegen, so dafs beim Uebergange des Theilchens eine eben so grofse Arbeit von der einen erlitten, wie von der anderen gethan werden würde, und daher, wie es auch Helmholtz ausspricht, weder ein Gewinn noch ein Verlust an lebendiger Kraft eintreten könnte. Während eines Stromes dagegen ist die elektrische Kraft ein wenig gröfser oder kleiner, als die Molecularkraft, so dafs das Elektricitätstheilchen jener oder dieser folgen mufs. Man kann dieses Verhältnifs am einfachsten dadurch darstellen, dafs man die während des Gleichgewichts wirksamen einander gleichen Kräfte auch jetzt ganz unverändert beibehält, aufserdem aber noch eine kleine elektrische Kraft als dritte hinzufügt, welche nach der einen oder anderen Seite gerichtet ist, und gerade nur dazu hinreicht, den Leitungswiderstand innerhalb der Uebergangsschicht zu überwinden, und so die Elektricität in Bewegung zu erhalten. Diese Kraft ist ganz dieselbe, welche bei gleicher Stromstärke auch in jeder mit einem gleichen Leitungswiderstande versehenen Schicht eines homogenen Leiters vorhanden seyn mufs, und somit können auch die von ihr gethane Arbeit und erzeugte Wärme keine anderen seyn, als die, welche in einer solchen homogenen Schicht vorkommen, und welche bei der Kleinheit des Leitungswiderstandes einer so dünnen Schicht hier vernachlässigt werden können. Die an der Berührungsstelle stattfindende *eigenthümliche* Erscheinung, welche von Peltier beobachtet ist, bleibt bei dieser Annahme also unerklärt.

Wir wollen nun in gleicher Weise von der anderen Annahme ausgehen, nach der es die Wärme ist, welche innerhalb der Uebergangsschicht die Elektricität von der einen nach der anderen Seite zu treiben strebt, und dadurch der elektrischen Kraft entgegenwirkt. Während des Gleich-

gewichtszustandes wird dieses Streben von der elektrischen Kraft gerade compensirt; während eines Stromes dagegen ist die letztere, wie vorher erwähnt, etwas vergröfsert oder verkleinert und dadurch wird der Uebergang der Elektricität in der einen oder anderen Richtung veranlafst. Dabei thut oder erleidet die elektrische Kraft eine gewisse Arbeit, und diese kann nicht durch eine entgegengesetzte Arbeit einer anderen Kraft aufgehoben werden, da unserer Annahme nach keine zweite Kraft vorhanden ist, sondern die Wirkungen, welche man einer solchen zuschreiben zu müssen glaubte, durch die Wärme, also durch eine *Bewegung*, hervorgebracht werden. Demnach mufs jene ganze Arbeit eine äquivalente Vermehrung oder Verminderung der lebendigen Kraft zur Folge haben, und daraus erhalten wir, da lebendige Kraft hier nur in der Form von Wärme vorkommt, die von Peltier beobachtete Wärme- oder Kälteerregung.

Ich glaube den ganzen Zustand in der Uebergangsschicht am besten mit dem vergleichen zu können, wenn ein in einer ausdehnsamen Hülle befindliches Quantum Gas durch einen äufseren Druck zusammengehalten wird, während die Wärmebewegung seiner Molecüle es auszudehnen sucht. Wird die äufsere Kraft, welche vorher dem Ausdehnungsbestreben der Wärme gerade das Gleichgewicht hielt, ein Wenig vergröfsert oder verkleinert, so drückt sie das Gas weiter zusammen oder läfst es sich weiter ausdehnen; dabei thut oder erleidet sie eine gewisse Arbeit, und zugleich wird in dem Gase eine äquivalente Menge Wärme erzeugt oder vernichtet [1]).

1) In meinen Aufsätzen über die bewegende Kraft der Wärme, in welchen ich auf dieses Verhalten des Gases etwas näher eingegangen bin, habe ich den positiven und negativen Sinn der Arbeit anders bestimmt, als hier. Indem ich nämlich dort das Ausdehnungsbestreben der Wärme, welches auf die beweglichen Theile der Hülle, z. B. auf einen Stempel, nach Art einer bewegenden Kraft wirkt, als die für uns nützliche Kraft betrachtete, bezog ich die vorkommenden Arbeitsgröfsen auf sie, und nicht auf den entgegenwirkenden Druck, und mufste daher eine mit Ueberwindung des Druckes stattfindende Ausdehnung als positive, und

Es hat sich also ergeben, dafs, wenn man an der Berührungsstelle zweier Stoffe eine durch die Wärme verursachte elektrische Differenz annimmt, dann die durch den Strom je nach seiner Richtung erregte Wärme oder Kälte eine nothwendige Folge davon ist. Demgemäfs können wir nun auch umgekehrt die letztere Erscheinung als einen Beweis für das Vorhandenseyn, und zugleich als ein Maafs jener elektrischen Differenz betrachten. Hiermit scheint aber eine andere Thatsache im Widerspruche zu stehen. Da nämlich die Wärme- oder Kälteerregung am stärksten beim Wismuth und Antimon stattfindet, so mufs man schliefsen, dafs zwischen diesen beiden Metallen auch die elektrische Differenz am gröfsten ist; elektroskopische Versuche dagegen zeigen zwischen anderen Metallen, wie z. B. Kupfer und Zink, viel gröfsere Differenzen, als zwischen Wismuth und Antimon. Dieser Widerspruch läfst sich auf zwei verschiedene Weisen erklären.

Erstens kann man annehmen, dafs aufser der durch die Wärme verursachten elektrischen Differenz gleichzeitig noch eine andere bestehe, welche in der von Helmholtz angegebenen Weise nur durch die verschiedenen Molecularanziehungen hervorgebracht werde, und dafs diese, wenn sie auch auf die thermoelektrischen Erscheinungen keinen Einflufs übe, doch bei den elektroskopischen Erscheinungen zur vollen Geltung komme, und sich dabei sogar meistens als die gröfsere von beiden erweise. Zweitens kann man

eine Zusammendrückung als negative Arbeit bezeichnen. Dadurch entstand die in mancher Beziehung bequeme Ausdrucksweise, dafs zur Erzeugung von Arbeit Wärme verbraucht werde, und umgekehrt, so dafs die Summe von Wärme und Arbeit constant sey. In meinen Untersuchungen über die Elektricität dagegen, in welchen es sich nicht um eine von der Wärme selbst ausgeübte bewegende Kraft, sondern nur um die durch andere Kräfte verursachte Vermehrung oder Verminderung der Wärme handelte, mufste ich die Arbeit immer auf diese anderen Kräfte beziehen, und diese Art der Bestimmung habe ich auch im vorliegenden Aufsatze beibehalten. Demgemäfs hat sich natürlich auch die obige Ausdrucksweise dahin ändern müssen, dafs eine positive Arbeit eine Vermehrung und eine negative Arbeit eine Verminderung der lebendigen Kraft oder Wärme zur Folge hat.

annehmen, dafs die bei elektroskopischen Versuchen beobachtete Differenz nicht durch die unmittelbare Berührung der beiden untersuchten Stoffe, z. B. des Kupfers und Zinks, entstehe, und überhaupt gar nicht zur Zahl derjenigen Erscheinungen gehöre, welche bei der Berührung von nur Leitern *erster* Klasse eintreten, sondern zur Zahl derer, welche durch die Mitwirkung von Leitern *zweiter* Klasse (d. h. von solchen, die die Elektricität durch Elektrolyse leiten) veranlafst werden. Man kann in dieser Beziehung anführen, dafs bei einem elektroskopischen Versuche, selbst wenn die untersuchten Metalle mit keinem fremden Körper, wie z. B. mit der Hand, sondern nur unter sich in Berührung gebracht werden, dadurch doch die Mitwirkung fremder Stoffe nicht ganz ausgeschlossen werden könne, denn die Metalle selbst seyen an ihrer Oberfläche von einer Schicht comprimirter Gase und vielleicht auch condensirter Dämpfe bedeckt, welche bei nicht zusammengelötheten, sondern nur zusammengedrückten Metallstücken den wirklich metallischen Contact verhindere, und durch ihr Dazwischentreten die elektroskopischen Erscheinungen wesentlich modificire.

Welche von diesen beiden Erklärungsarten vorzuziehen ist, soll hier nicht erörtert werden, da es für die Untersuchung der thermoelektrischen Ströme und ihrer Wirkungen gleichgültig ist. Für diese genügt es, wenn nur *die durch die Wärme verursachte* elektrische Differenz dem obigen Schlusse gemäfs als existirend anerkannt wird, denn nur mit ihr haben wir es hier zu thun, und wenn daher im Folgenden kurz von der elektrischen Differenz die Rede ist, so soll damit immer nur diese eine gemeint seyn, ganz abgesehen davon, ob daneben noch eine andere besteht, oder nicht.

Wenn wir nach diesen allgemeinen Betrachtungen nun für die innerhalb der Uebergangsschicht gethane Arbeit und erzeugte Wärme bestimmte Formeln aufstellen wollen, so können wir dazu genau dieselben Schlüsse anwenden, welche ich in meinem in der Ueberschrift erwähnten Aufsatze in Bezug auf die innerhalb eines homogenen Leiters

stattfindenden Vorgänge auseinandergesetzt habe. Daraus ergiebt sich, dafs auch in der Uebergangsschicht *die beim Durchgange einer gegebenen Elektricitätsmenge gethane Arbeit durch die Zunahme des Potentials dieser Elektricitätsmenge und der freien Elektricität auf einander ausgedrückt wird.* Bezeichnen wir daher die während der Zeiteinheit hindurchgehende Elektricitätsmenge mit J, und die Differenz der Werthe der Potentialfunction zu beiden Seiten der Uebergangsschicht, welche wir einfach die elektrische Differenz genannt haben, und zwar in der Weise gerechnet, dafs der erste Werth vom zweiten abgezogen wird, wie in Gleichung (1) mit E, so ist die während der Zeiteinheit gethane Arbeit:

$$(2)\quad W = E \,.\, J,$$

und dem entsprechend die erzeugte Wärme:

$$(3)\quad H = A \,.\, E \,.\, J,$$

worin A das Wärmeäquivalent für die Einheit der Arbeit bedeutet.

Da hiernach die Arbeit in den Uebergangsschichten nach demselben Gesetze bestimmt wird, wie in den homogenen Leitern, so kann man die Bestimmung auch gleich für beide zusammen ausführen, und erhält dadurch eine erweiterte Anwendung der schon auf S. 422 u. f. meines früheren Aufsatzes entwickelten Ausdrücke. Sey nämlich ein beliebig gestaltetes Stück eines Leiters gegeben, welches jetzt nicht, wie dort vorausgesetzt wurde, homogen zu seyn braucht, sondern aus mehreren leitenden Stoffen zusammengesetzt seyn kann, so erhält man die während der Zeiteinheit in demselben gethane Arbeit nach jenem Gesetze einfach dadurch, dafs man für jedes während der Zeiteinheit hindurchströmende Elektricitätstheilchen, mag es auf seinem Wege aus einem Stoffe in einen anderen übergegangen seyn oder nicht, die Zunahme des Potentials bestimmt, wozu man es nur mit den am Eintritts- und Austrittspunkte stattfindenden Werthen der Potentialfunction zu multipliciren, und dann das erste Product vom zweiten abzuziehen braucht. Sey also $d\omega$ ein Element der das be-

trachtete Leiterstück einschliefsenden Fläche, V der dort stattfindende Werth der Potentialfunction, und $i\,d\omega$ die während der Zeiteinheit durch das Element strömende Elektricitätsmenge, welche positiv oder negativ zu nehmen ist, je nachdem sie aus dem eingeschlossenen Raume heraus oder in ihn hineinströmt, so ist die in dem Leiterstücke gethane Arbeit:

$$(4)\quad W = \int V i\,d\omega,$$

worin das Integral über die ganze Fläche ausgedehnt werden mufs. Bezeichnet k das Leitungsvermögen des Stoffes, in welchem sich das Flächenelement $d\omega$ befindet, und ist N die auf dem Elemente errichtete Normale, nach Aufsen hin als positiv gerechnet, so ist:

$$i = k\frac{dV}{dN}$$

und somit:

$$(4_a)\quad W = \int k V \frac{dV}{dN}\,d\omega.$$

Ebenso ist die in dem Leiterstücke während der Zeiteinheit erzeugte Wärme:

$$(5)\quad H = A\int V i\,d\omega,$$

$$(5_a)\quad H = A\int k V \frac{dV}{dN}\,d\omega.$$

Diese Gleichungen unterscheiden sich von den in meinem früheren Aufsatze gegebenen nur dadurch, dafs die Gröfse k, welche dort, wo nur Ein Stoff vorkam, constant war, hier in den verschiedenen Stoffen verschiedene Werthe hat, und daher nicht wie dort als einfacher Factor vor das Integralzeichen, sondern unter dasselbe gestellt ist.

Wir wollen nun eine Thermokette im Ganzen betrachten, und dazu zunächst eine solche wählen, die nur aus zwei Metallen besteht. Die Metalle mögen a und b und ihre beide Berührungstellen c und c' heifsen. Um die elektrischen Differenzen an diesen Berührungsstellen durch einfache Zeichen vollständig darstellen zu können, so dafs

daraus nicht nur ihre absolute Gröfse, sondern auch der positive und negative Sinn ersichtlich ist, müssen wir eine bestimmte Stromrichtung als die positive feststellen, und dann die Differenzen an beiden Stellen in derselben Ordnung bilden, z. B. so, wie in der Gleichung (1), dafs der erste Werth der Potentialfunction vom zweiten abgezogen wird. Die in dieser Weise bestimmten Differenzen mögen resp. E und E' heifsen, dann wird die Intensität J des durch sie veranlafsten Stromes nach dem **Ohm**'schen Gesetze durch den Ausdruck:

$$(6) \quad J = -\frac{E+E'}{L}$$

dargestellt, worin L den Leitungswiderstand der ganzen Kette bedeutet [1]). Die hierin vorkommende negative Summe $-(E+E')$ ist die Gröfse, welche man nach **Ohm** die elektromotorische Kraft der Kette nennt. Befinden sich beide Berührungstellen in gleicher Temperatur, so sind die Dif-

1) Man kann diesen Ausdruck leicht aus dem Theile des **Ohm**'schen Gesetzes, welcher sich nur auf einen einzelnen homogenen Leiter bezieht, und welchen ich schon in meinem früheren Aufsatze angewandt habe, ableiten. Bezeichnet man nämlich die speciellen Werthe, welche die Potentialfunction dicht neben den beiden Berührungsflächen besitzt, in a mit V_a und V'_a und in b mit V_b und V'_b, und den Leitungswiderstand des Leiters a von der einen Berührungsstelle bis zur anderen mit l_a und ebenso den des Leiters b mit l_b, so erhält man für die Stromstärke in der Richtung $acbc'a$ in beiden Leitern einzeln die Ausdrücke:

$$\text{Stromstärke in } a = \frac{V_a - V'_a}{l_a}$$

$$\text{Stromstärke in } b = \frac{V'_b - V_b}{l_b}.$$

Da diese beiden Stromstärken einander gleich seyn müssen, so folgt:

$$\frac{V_a - V'_a}{l_a} = \frac{V'_b - V_b}{l_b}.$$

Wendet man auf diese Gleichung die beiden Gleichungen an, welche sich unmittelbar aus der Definition von E und E' ergeben, nämlich $V_b - V_a = E$ und $V'_a - V'_b = E'$, und setzt zugleich $l_a + l_b = L$, so kommt in Uebereinstimmung mit (6.):

$$\frac{V_a - V'_a}{l_a} = \frac{V'_b - V_b}{l_b} = -\frac{E+E'}{L}.$$

ferenzen E und E' numerisch gleich, aber von entgegengesetzten Vorzeichen, so dafs ihre Summe Null ist; bei verschiedenen Temperaturen dagegen können wir dem Obigen nach auch jene Differenzen als verschieden betrachten, und erhalten daher, wie es nach der Gleichung seyn mufs, wenn ein Strom entstehen soll, eine Summe von angebbarer Gröfse.

Aus der Gleichung (6) ergeben sich auch sofort die Ausdrücke für die in den verschiedenen Theilen der Kette gethane Arbeit und erzeugte Wärme. Bei den Uebergangsschichten brauchen wir nur in die Gleichung (2) für J seinen Werth zu setzen, und in Bezug auf die homogenen Theile a und b wenden wir den experimentell bekannten und in meinem früheren Aufsatze auch theoretisch entwickelten Satz an, dafs die in einem Leiter während der Zeiteinheit gethane Arbeit durch das Product aus dem Leitungswiderstande in das Quadrat der Stromstärke ausgedrückt wird. Hierdurch erhalten wir folgende drei Arbeitsgröfsen:

$$(7) \quad \begin{cases} \text{in der Uebergangsschicht bei } c & -E \cdot \dfrac{E+E'}{L} \\ \text{in der Uebergangsschicht bei } c' & -E' \cdot \dfrac{E+E'}{L} \\ \text{in den homogenen Leitern } a \text{ und } b & \dfrac{(E+E')^2}{L} \end{cases}$$

und dieselben Ausdrücke stellen auch, wenn sie alle noch mit dem Wärmeäquivalente für die Einheit der Arbeit A multiplicirt werden, die in den entsprechenden Räumen erzeugten Wärmemengen dar.

Die Summe der beiden ersten Ausdrücke ist stets negativ, indem sie sich in einen Bruch zusammenziehen läfst, dessen Zähler ein negatives Quadrat ist, und dessen Nenner seiner Bedeutung nach nur positiv seyn kann. Dieses Resultat liefs sich auch unmittelbar aus der blofsen Betrachtung der Gleichung (6) schliefsen. Darin erkennt man nämlich aus dem auf der rechten Seite stehenden Minuszeichen, dafs der Strom immer diejenige Richtung annimmt, in wel-

cher die Summe der beiden elektrischen Differenzen negativ, und welche somit den in den Uebergangsschichten wirksamen elektrischen Kräften, wenn beide in Eine zusammengefafst werden, entgegengesetzt ist. Diese scheinbar unnatürliche Bewegung der Elektricität, bei welcher die elektrischen Kräfte eine Arbeit *erleiden,* wird, wie oben erwähnt, durch die Wärme hervorgerufen. — Der letzte Ausdruck erweiset sich durch seine quadratische Form sogleich als wesentlich positiv, und dieses entspricht auch der Natur der Sache, denn in den homogenen Leitern hat die elektrische Kraft nur den Leitungswiderstand zu überwinden, welcher einer Reibung zu vergleichen ist, und daher keine der elektrischen Kraft entgegengesetzte Bewegung veranlassen kann.

Bildet man die Summe aller drei Ausdrücke, so erhält man gerade Null, und dasselbe gilt natürlich auch in Bezug auf die Ausdrücke für die Wärmemengen. Die Richtigkeit dieses Schlusses läfst sich ebenfalls leicht übersehen, da man auch zu ihm auf kürzerem Wege gelangen kann. Es ist dazu nicht nöthig, die in den verschiedenen Theilen der Kette stattfindenden Vorgänge einzeln zu betrachten, sondern es braucht nur der Grundsatz über die Aequivalenz von Wärme und Arbeit auf die Kette im Ganzen angewandt zu werden, und auf diese Weise ist derselbe Schlufs, obwohl nicht gerade in derselben Form, auch schon von Helmholtz [1]) und W. Thomson [2]) abgeleitet worden, um als Grundlage für weitere Entwickelungen zu dienen. Wenn nämlich die elektrische Kraft während einer gegebenen Zeit innerhalb der Kette im Ganzen eine gewisse Arbeit thun oder erleiden sollte, so könnte dieses nur durch eine veränderte Anordnung der Elektricität geschehen,

1) Ueber die Erhaltung der Kraft S. 59.

2) *On a Mechanical Theory of Thermo-Electric Currents. Phil. Mag. S.* 4, *Vol.* 3. *p.* 529. Dieser Aufsatz ist nur ein Auszug einer in der *Edinburger R. Soc.* gelesenen Abhandlung, welche aber, so viel ich weifs, bis jetzt nicht vollständig veröffentlicht ist.

scheben, und jede solche Aenderung ist durch die Annahme, dafs der Strom stationär sey, ausgeschlossen. Somit müssen die in den verschiedenen Theilen der Kette vorkommenden Arbeitsgröfsen sich gerade gegenseitig aufheben. Da ferner der Annahme nach der Strom nicht inducirend nach Aufsen wirkt, sondern seine ganze Wirkung auf die Kette selbst beschränkt bleibt, und auch in dieser nirgends eine Veränderung mechanischer oder chemischer Natur vorkommen soll, so dafs nur die in den einzelnen Theilen befindlichen Wärmemengen veränderlich sind, so mufs jede von der elektrischen Kraft gethane oder erlittene Arbeit eine entsprechende Menge erzeugter oder vernichteter Wärme zur Folge haben, und diese Wärmemengen müssen sich daher ebenso, wie jene Arbeitsgröfsen, aufheben. Dieses letztere läfst sich auch kurz so aussprechen. Der Strom selbst wird durch die Wärme hervorgebracht, wobei Wärme verbraucht wird, und seine Wirkung besteht wiederum nur in Erzeugung von Wärme, folglich mufs, da im Ganzen unter solchen Umständen weder ein Gewinn noch ein Verlust an Wärme stattfinden kann, diese erzeugte Wärme gleich jener verbrauchten seyn.

Wir können diejenigen Theile der Thermokette, in welchen die Wärme selbst thätig ist, indem sie entweder die Elektricität nach einer bestimmten Richtung treibt, oder der vorhandenen Bewegung widerstrebt, also in unserem bisher betrachteten einfachen Falle die beiden Uebergangsschichten bei c und c', mit jeder vollkommenen durch Wärme getriebenen Maschine vergleichen. Wie durch die Maschine z. B. ein Gewicht gehoben, also der Schwerkraft entgegen bewegt werden kann, wobei die Schwerkraft eine Arbeit erleidet, so wird hier die Elektricität zu einer Bewegung gezwungen, welche der elektrischen Kraft entgegengerichtet ist, und bei der diese daher eine Arbeit erleidet. Wie man ferner dort das gehobene Gewicht nachher wieder sinken, und somit der Schwerkraft folgen lassen kann, wobei diese eine Arbeit thut, die der vorher erlittenen genau gleich ist, und welche man zur Hervorbringung verschiedener Wir-

kungen benutzen kann, so strömt auch hier die Elektricität wieder zurück, indem sie innerhalb der homogenen Leiter der elektrischen Kraft folgt, und die von dieser dabei gethane Arbeit kann ebenfalls zu verschiedenen Wirkungen benutzt werden, da man ja aus den elektrischen Strömen eine mechanische Triebkraft gewinnen kann. Wenn wir, um die Uebereinstimmung noch vollständiger zu machen, auch die beschränkenden Bedingungen, denen wir die Wirkungen des Stromes im Vorigen unterworfen haben, in entsprechender Weise bei der Maschine einführen wollen, so müssen wir annehmen, dafs die ganze Arbeit der Maschine nur zur Ueberwindung von Reibung benutzt werde. In diesem Falle wird durch die Reibung gerade so viel Wärme erzeugt, wie in der Maschine selbst verbraucht wird, und betrachten wir daher, um ein mit der ganzen Thermokette vergleichbares System zu erhalten, die sich reibenden Körper als mit der Maschine zusammengehörig, so findet in diesem Systeme ebenfalls weder ein Gewinn noch ein Verlust an Wärme statt.

Im Vorstehenden ist bei der mechanischen Arbeit immer nur die damit verbundene *Erzeugung* oder *Vernichtung* von Wärme betrachtet. Nun findet aber in allen Fällen, wo durch die Wärme irgend eine Kraft eine Arbeit erleidet, und wo zugleich der Vorgang so geleitet ist, dafs der Körper, welcher diese Wirkung vermittelt, sich am Schlusse der Operation wieder in demselben Zustande, wie zu Anfange, befindet, aufser der Veränderung der Quantität der im Ganzen vorhandenen Wärme, auch ein *Uebergang von Wärme von einem warmen zu einem kalten Körper* statt, und dieser Uebergang steht ebenfalls zur Gröfse der Arbeit in einer bestimmten Beziehung, welche durch das Carnot'sche Gesetz ausgedrückt wird. Das führt natürlich auf den Gedanken, dafs dieses Gesetz auch auf die thermoelektrischen Erscheinung Anwendung finde, und uns in ähnlicher Weise, wie bei den Gasen und Dämpfen, zu weiteren Schlüssen über diese Erscheinungen dienen könne. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Thermokette zuerst von

Thomson in dem oben erwähnten Aufsatze betrachtet, wo er eine allgemeine Gleichung mittheilt, welche das Carnot'sche Gesetz für jede noch so complicirte Kette ausdrückt. Dabei sagt er aber, dafs über die Anwendbarkeit des Gesetzes hier noch eine gewisse Unsicherheit herrsche, indem sich der bei einem thermoelektrischen Strome stattfindende Vorgang nicht, wie es zum Beweise nöthig sey, vollständig umkehren lasse. Die Erörterung der Frage, ob und in welcher Weise auch für die Thermokette ein strenger Beweis des Carnot'schen Satzes möglich sey, würde hier ziemlich weitläufig werden. Nachdem aber oben auseinandergesetzt ist, dafs die Wirkung, welche die Wärme in den Uebergangsschichten auf die Elektricität ausübt, mit ihren *mechanischen* Wirkungen, wie z. B. bei der Ausdehnung eines Gases, im Wesentlichen von ganz gleicher Natur ist, glaube ich, dafs auch ohne einen für diesen Fall speciell geführten Beweis kaum ein Zweifel daran obwalten kann, dafs er ebenfalls jenem sonst allgemein gültigen Gesetze unterworfen ist. Auch die Erfahrung scheint mir überall, wo die Erscheinungen zu einem bestimmten Schlusse vollständig genug bekannt sind, dafür zu sprechen.

In der letzteren Beziehung wollen wir zunächst die allgemeinere Frage stellen, ob sich in der Thermokette überhaupt ein Wärmeübergang von einem warmen zu einem kalten Körper nachweisen läfst. Wir betrachten dabei wieder, wie bisher, die aus nur zwei homogenen Stoffen bestehende Kette, bei welcher die Wärme nur in den beiden Uebergangsschichten thätig ist. Oben wurde gezeigt, dafs der Ausdruck für die in beiden Schichten zusammen erzeugte Wärme negativ ist; daraus darf man aber nicht denselben Schlufs für jede Schicht einzeln ziehen, sondern man kann vielmehr, wenigstens für geringe Temperaturintervalle, im Voraus als Regel annehmen, dafs die beiden einzelnen Ausdrücke von entgegengesetzten Vorzeichen sind. Bei gleichen Temperaturen sind nämlich die elektrischen Differenzen an beiden Berührungsstellen gleich und ent-

gegengesetzt; wenn sich nun die Temperatur der einen Stelle ändert, so ändert sich auch ihre elektrische Differenz, da diese Aenderung aber stetig vor sich geht, so kann sie wenigstens nicht gleich anfänglich eine Umkehrung des Vorzeichens bewirken, und so lange dieses nicht geschieht, behalten die elektrischen Differenzen, und mit ihnen natürlich auch die entsprechenden Arbeitsgröfsen und Wärmemengen entgegengesetzte Vorzeichen. Dieses Verhalten wollen wir daher auch in der von uns betrachteten Thermokette voraussetzen, indem wir die bei grofsen Temperaturunterschieden zuweilen vorkommenden Abweichungen, von denen später die Rede seyn wird, für jetzt unberücksichtigt lassen. Da der Zustand der ganzen Kette der Annahme nach stationär seyn soll, und somit die an den beiden Berührungsstellen stattfindenden Temperaturen, welche t und t' heifsen mögen, constant seyn müssen, so denken wir uns dieses dadurch bewirkt, dafs die beiden Berührungs stellen mit zwei Körpern in Verbindung gesetzt sind, welche bleibend auf den Temperaturen t und t' erhalten werden, und von denen der eine seiner Berührungsstelle die vernichtete Wärme wieder ersetzt, der andere der seinigen die erzeugte Wärme entzieht. Dadurch erfährt der eine Körper einen Verlust, der andere einen Gewinn an Wärme, und wir erhalten somit wirklich einen durch die Thermokette vermittelten Uebergang von Wärme von einem Körper zu einem anderen.

Es fragt sich nun noch, ob dieser Uebergang auch der Bedingung genüge, dafs er vom warmen zum kalten Körper, und nicht etwa in umgekehrter Richtung geschieht. Betrachten wir in dieser Beziehung die beiden Stoffe, deren thermoelektrische Wirkungen am meisten experimentell untersucht sind, und bei denen die Entscheidung daher am sichersten ist, nämlich Wismuth und Antimon, so ergiebt sich in der That das erstere, denn bei einer aus diesen Stoffen zusammengesetzten Kette geht der Strom an der warmen Berührungsstelle vom Wismuth zum Antimon, und an der kalten vom Antimon zum Wismuth, und anderer-

seits weiſs man, daſs ein durch die Berührungsstellen gehender Strom bei der ersteren Richtung Wärme vernichtet, und bei der letzteren Wärme erzeugt. Demnach erfährt, wie es seyn muſs, der wärmere Körper den Verlust und der kältere den Gewinn an Wärme, und in ähnlicher Weise stellt sich die Uebereinstimmung auch bei den anderen bisjetzt untersuchten Stoffen heraus. Man sieht leicht, wie durch dieses Resultat die oben durchgeführte Analogie zwischen der Thermokette und einer durch die Wärme getriebenen Maschine noch vervollständigt wird, denn offenbar entspricht die warm gehaltene Berührungsstelle dem geheizten Theile der Maschine, und die kalt gehaltene dem Condensator der Dampfmaschine oder dem Abkühler der durch warme Luft getriebenen Maschine.

Nachdem so das Vorhandenseyn des Wärmeüberganges nachgewiesen ist, wollen wir das Carnot'sche Gesetz auf denselben anwenden. Nehmen wir dazu an, daſs die bei den Temperaturen t und t' nur um unendlich Wenig von einander verschieden seyen, so daſs wir $t' = t + dt$ setzen können, so erhalten wir zwischen der Arbeit, welche die elektrische Kraft in beiden Uebergangsschichten zusammen während einer Zeiteinheit erlitten hat, und der dabei übergegangenen Wärmemenge nach diesem Gesetze folgende Relation:

$$(8) \quad \frac{\text{die erlittene Arbeit}}{\text{die übergegangene Wärme}} = \frac{dt}{C},$$

worin C ein eine für allemal bestimmte Temperaturfunction, die sogenannte Carnot'sche Function ist. In einem Aufsatze über die bewegende Kraft der Wärme habe ich nachgewiesen, daſs, wenn man für die permanenten Gase eine Annahme macht, welche nach den dort angeführten Gründen wahrscheinlich in demselben Grade richtig ist, wie das Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz, man diese Function näher bestimmen kann, und dabei folgende sehr einfache Formel erhält:

$$(9) \quad C = A(a + t),$$

worin t die vom Gefrierpunkte ab nach Cent. Graden ge-

zählte Temperatur und a nahe $= 273^{\circ}$ ist, während A, wie gewöhnlich, das Wärmeäquivalent für die Einheit der Arbeit bedeutet [1]). Hierdurch geht (8) über in:

$$(8_a) \qquad \frac{\text{die erlittene Arbeit}}{\text{die übergegangene Wärme}} = \frac{dt}{A(a+t)}.$$

Die in den beiden Uebergangsschichten zusammen während der Zeiteinheit erlittene Arbeit wird durch die schon oben besprochene Summe der beiden ersten von den unter (7) angeführten Ausdrücken dargestellt, bei welcher hier das Minuszeichen fortfällt, weil in dieser Relation eben die *erlittene* Arbeit als solche positiv gerechnet wird. Es kommt also:

$$\text{die erlittene Arbeit} = \frac{(E+E')^2}{L}.$$

1) S. diese Ann. Bd. 79, S. 392. Die Annahme besteht darin, *dafs ein permanentes Gas, wenn es sich bei constanter Temperatur ausdehnt, nur so viel Wärme verschluckt, wie zu der äufseren Arbeit, die es dabei leistet, verbraucht wird.* Eben dieses haben auch schon früher andere Autoren ohne weitere Begründung, als sich von selbst verstehend, bei ihren Untersuchungen vorausgesetzt. Dagegen stimmt W. Thomson in seinem auf denselben Gegenstand bezüglichen Aufsatze (*Transact. of the R. Soc. of Edinb. Vol. XX, Part II, p.* 261 und Krönig's Journ. für Phys. des Auslandes III, 233) in welchem er sich im Uebrigen meiner Auffassung des Carnot'schen Gesetzes anschliefst, dieser Annahme nicht bei, sondern hält statt ihrer eine andere, früher von ihm zur Bestimmung der Carnot'schen Function benutzte Annahme, nämlich die, *dafs die Dämpfe im Maximum ihrer Dichtigkeit dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze folgen*, fest, indem er sagt, dafs zwischen beiden Annahmen erst durch experimentelle Untersuchungen entschieden werden müfste. Diese Entscheidung ist jetzt durch die neueren Untersuchungen von Regnault (*Compt. rend. T. XXXVI, p.* 676 und diese Ann. Bd. 89, S. 335) erfolgt. Ich habe nämlich aus meiner Annahme einen Schlufs gezogen, welcher nach Thomson's Annahme nicht möglich seyn würde, nämlich, *dafs die specifische Wärme der permanenten Gase vom Drucke unabhängig sey* (s. diese Ann. Bd. 79, S. 393) und dieser Schlufs ist durch Regnault's Messungen bestätigt, und dasselbe ist auch mit einem anderen, dort aus ähnlichen Gründen von mir gethanen Ausspruche, *dafs jene specifische Wärme wahrscheinlich auch von der Temperatur unabhängig sey*, geschehen. Hiernach glaube ich meine Annahme mit um so gröfserer Sicherheit auch ferner beibehalten zu können.

Da die absoluten Werthe von E und E' die zu den Temperaturen t und $t+dt$ gehörigen Werthe einer und derselben Function sind, das Vorzeichen aber bei beiden entgegengesetzt genommen werden mufs, so kann man schreiben:

$$E' = -\left(E + \frac{dE}{dt}dt\right)$$

und somit:

$$(10) \quad E + E' = -\frac{dE}{dt}dt,$$

und dadurch erhält man:

$$(11) \quad \text{die erlittene Arbeit} = \frac{1}{L}\left(\frac{dE}{dt}\right)^2 dt^2.$$

Die übergegangene Wärme oder, was dasselbe ist, die an der kälteren Berührungsstelle erzeugte Wärme wird dargestellt durch den ersten der Ausdrücke (7), nachdem er mit A multiplicirt ist, also:

$$\text{die übergegangene Wärme} = -AE\frac{E+E'}{L},$$

oder, wenn man hierauf wieder die Gleichung (10) anwendet:

$$(12) \quad \text{die übergegangene Wärme} = \frac{A}{L}E\frac{dE}{dt}dt.$$

Durch Einsetzung der Ausdrücke (11) und (12) in die Gleichung (8) resp. (8_a) erhält man:

$$(13) \quad \frac{dE}{E} = \frac{A\,dt}{C}$$

$$(13_a) \quad = \frac{dt}{a+t},$$

und hieraus folgt durch Integration:

$$(14) \quad E = \varepsilon \,.\, e^{\int \frac{A\,dt}{C}}\ ^{1)}$$

$$(14_a) \quad = \varepsilon(a+t),$$

1) Denselben Ausdruck hat auch Thomson entwickelt, freilich nicht für die in diesem Aufsatze angenommene elektrische Differenz, sondern für die an der Berührungsstelle durch einen Strom erregte Wärme oder Kälte, welche indessen nach den obigen Auseinandersetzungen der elektrischen Differenz proportial ist.

worin ε eine von der Natur der beiden sich berührenden Stoffe abhängige Constante, und e das gewöhnliche Zeichen für die Basis der natürlichen Logarithmen ist.

Auf diese Weise erhält man also für die bei den verschiedenen Combinationen von je zwei Stoffen vorkommenden elektrischen Differenzen in Bezug auf ihre Veränderlichkeit mit der Temperatur ein gemeinschaftliches Gesetz, nämlich *dafs sie sich alle nach einer und derselben Temperaturfunction ändern,* und wenn man auch die bestimmtere Gleichung (14.) als richtig anerkennt, so hat diese Temperaturfunction sogar eine möglichst einfache Form, und das Gesetz läfst sich dann dahin aussprechen, *dafs jede elektrische Differenz sich mit der von* — 273° C. *an gezählten Temperatur proportional ändert.*

Vergleicht man dieses Resultat mit der Erfahrung, so findet man in mehrfacher Beziehung eine unzweifelhafte Uebereinstimmung. Wenn eine aus mehreren Stoffen a, b, $c \ldots\ldots h$ zusammengesetzte Kette gegeben ist, und man bezeichnet die elektrischen Differenzen an den Berührungsstellen der Reihe nach mit E_{ab}, $E_{bc} \ldots\ldots E_{ha}$, und den ganzen Leitungswiderstand mit L, so erhält man für die Stromintensität in der Richtung $abc \ldots ha$ der Gleichung (6) entsprechend den Ausdruck:

$$(15.)\quad J = -\frac{E_{ab} + E_{bc} + \ldots\ldots + E_{ha}}{L}.$$

Befindet sich die ganze Kette in gleicher Temperatur, so entsteht kein Strom, und es mufs also in diesem Falle

$$(16.)\quad E_{ab} + E_{bc} + \ldots\ldots + E_{ha} = 0$$

seyn. Wenn sich nun die Temperatur der ganzen Kette gleichmäfsig ändert, so ändern sich dabei auch alle einzelnen elektrischen Differenzen; da aber von jeder neuen Temperatur dasselbe gilt, wie von der ursprünglichen, dafs kein Strom entsteht, so folgt *dafs die Aenderung der verschiedenen elektrischen Differenzen in der Art geschehen mufs, dafs die Gleichung* (16.) *immer richtig bleibt.* Diese Bedingung wird schon durch die blofse Form des in (14.)

gegebenen Ausdruckes, ohne dafs man die mit dem constanten Factor multiplicirte Temperaturfunction selbst zu kennen braucht, erfüllt. Setzt man nämlich statt $e^{\int \frac{A\,dt}{C}}$ allgemein $\varphi(t)$, und bezeichnet die zu E_{ab}, $E_{bc} \ldots . E_{ha}$ gehörigen constanten Factoren resp. mit ε_{ab}, $\varepsilon_{bc} \ldots . \varepsilon_{ha}$, so geht die Gleichung (16.) über in die folgende:

$$(17.) \qquad (\varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bc} + \ldots\ldots + \varepsilon_{ha})\varphi(t) = 0,$$

und wenn diese Gleichung für irgend eine Temperatur richtig ist, ohne dafs dazu $\varphi(t) = 0$ gesetzt werden mufs, so bleibt sie es auch für alle anderen Temperaturen.

Die folgenden Vergleichungen beziehen sich auf die Temperaturfunction selbst, und ich werde dabei von den Gleichungen (14.) und (14_a.) der Einfachheit wegen immer die letztere anwenden, denn wenn die Function C auch wirklich von $A(a+t)$ verschieden seyn sollte, so kann der Unterschied doch keinesfalls so bedeutend seyn, dafs er hier, wo nicht eine numerisch genaue, sondern nur eine angenäherte Uebereinstimmung nachgewiesen werden soll, in Betracht käme. Aus dieser Gleichung lassen sich folgende einzelne Schlüsse ableiten, welche mir zur Vergleichung mit der Erfahrung geeignet zu seyn scheinen.

1) *Nach* (14_a.) *nehmen die elektrischen Differenzen bei wachsender Temperatur zu und nicht ab.* Um die Richtigkeit dieses Schlusses zu prüfen, müssen wir uns erinnern, dafs der Strom immer die Richtung wählt, in welcher die Summe der elektrischen Differenzen negativ ist, also für den Fall, wo nur zwei Differenzen vorkommen, die Richtung, in welcher die gröfsere von ihnen negativ ist. Es braucht also zum Beweise, dafs die elektrische Differenz an der wärmeren Berührungsstelle die *gröfsere* ist, nur gezeigt zu werden, dafs sie in Bezug auf die Stromrichtung die *negative* ist, und dieses ist schon oben geschehen, indem aus der Erfahrung nachgewiesen ist, dafs an der wärmeren Berührungsstelle eine *Vernichtung* von Wärme stattfindet.

2) *Nach* (14$_a$.) *sind die Aenderungen jeder elektrischen Differenz den entsprechenden Temperaturänderungen proportional.* Hiernach mufs bei jeder aus zwei homogenen Stoffen zusammengesetzten Thermokette die elektromotorische Kraft [1]) dem an beiden Berührungsstellen angewandten Temperaturunterschiede proportional seyn, und dieses kann allerdings für nicht zu grofse Temperaturunterschiede im Allgemeinen als Regel bezeichnet werden.

3) *Nach* (14$_a$.) *müssen diejenigen elektrischen Differenzen, deren Zunahme mit der Temperatur am gröfsten ist, auch ihren ganzen Werthen nach die gröfsten seyn* Nennen wir nämlich bei zwei verschiedenen Combinationen von je zwei Stoffen die elektrischen Differenzen E_1 und E_2, und die dazugehörigen constanten Factoren ε_1 und ε_2, so ist:

$$E_1 = \varepsilon_1 (a+t) \text{ und } E_2 = \varepsilon_2 (a+t),$$

woraus für irgend eine bestimmte Temperatnr folgt:

$$E_1 : E_2 = \varepsilon_1 : \varepsilon_2 ;$$

zugleich ist:

$$\frac{dE_1}{dt} = \varepsilon_1 \text{ und } \frac{dE_2}{dt} = \varepsilon_2 ,$$

und es kommt also:

$$(18.) \quad E_1 : E_2 = \frac{dE_1}{dt} : \frac{dE_2}{dt} .$$

Auch dieser Schlufs bestätigt sich, indem diejenigen Stoffcombinationen, welche bei einem bestimmten Temperaturunterschiede die stärksten Ströme geben, wie z. B. die von Wismuth und Antimon, sich auch dadurch auszeichnen, dafs ein durch ihre Berührungsstelle gehender Strom dort am meisten Wärme erzeugt oder vernichtet, wobei die erstere Eigenschaft auf einen grofsen Werth des Differentialcoëfficienten $\frac{dE}{dt}$, und die letztere auf einen grofsen Werth der Function E selbst schliefsen läfst.

1) Man darf hier statt der elektromotorischen Kraft nicht ohne Weiteres die Stromstärke setzen, weil die letztere auch vom Leitungswiderstande abhängt, welcher sich mit der Temperatur ändert.

Diese Bestätigungen, in Verbindung mit der sonstigen Zuverlässigkeit des Carnot'schen Gesetzes, lassen wohl keinen Zweifel daran, dafs der in der Gleichung (14) resp. (14.) gegebene Ausdruck nicht blofs, wie eine empirische Formel, innerhalb gewisser Gränzen eine äufserliche, vielleicht zufällige Aehnlichkeit mit dem Verhalten der elektrischen Differenzen zeigt, sondern dafs er in der Natur der Sache selbst begründet ist. Dessen ungeachtet stellt er allein die Erscheinungen noch nicht mit voller Genauigkeit dar, vielmehr findet man bei näherer Untersuchung derselben, besonders in den Fällen, wo hohe Temperaturen vorkommen, erhebliche Abweichungen, welche zeigen, dafs bei der Hervorbringung dieser Erscheinungen noch Nebenumstände mitwirken müssen, die bei der Ableitung des Ausdruckes nicht berücksichtigt sind. Am deutlichsten tritt dieses bei einer aus Eisen und Kupfer bestehenden Thermokette hervor, welche bekanntlich bei allmälig fortschreitender Erwärmung der einen Berührungsstelle statt beständiger Zunahme des Stromes von einer gewissen Temperatur an eine Abnahme, und bei der Glühhitze sogar eine Umkehrung des Stromes zeigt.

Aus diesen Abweichungen hat Thomson[1]) den Schlufs gezogen, dafs jene von Peltier entdeckten thermischen Wirkungen des Stromes, deren Eigenthümlichkeit hauptsächlich darin besteht, dafs sie bei entgegengesetzten Strömen ebenfalls von entgegengesetzter Art sind, nicht blofs an den Berührungsstellen verschiedener Stoffe stattfinden, sondern *»dafs ein elektrischer Strom verschiedene thermische Wirkungen hervorbringt, je nachdem er von warm zu kalt, oder von kalt zu warm in demselben Metalle geht.«* Nach der Erklärung, welche oben von den thermischen Wirkungen an den Berührungsstellen gegeben wurde, müssen wir diesen Schlufs dahin deuten, dafs auch im Innern eines und desselben Metalls, wenn seine verschiedenen Theile sich in verschiedenen Temperaturen befinden, *die Wärme das Bestreben hat, die Elektricität nach einer bestimmten Richtung*

1) *Phil. Mag. S.* 4, *V.* 3, *p.* 529.

zu treiben, und dafs daher, wenn der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, *die Potentialfunction in dem Metalle nicht überall gleich ist, sondern dafs auch zwischen den verschiedenen Theilen desselben Metalles elektrische Differenzen stattfinden.*

Sofern hierin nur ausgedrückt seyn soll, *dafs überhaupt elektrische Differenzen im Innern einzelner Metalle als Wirkungen der Temperaturverschiedenheit vorkommen,* halte auch ich den Schlufs für vollkommen gerechtfertigt, denn er ist in der That das einzige Mittel, das Carnot'sche Gesetz aufrecht zu erhalten. Wollte man z. B. bei der Eisen-Kupferkette die Entstehung des Stromes nur aus den beiden an den Berührungsstellen stattfindenden elektrischen Differenzen erklären, so müfste man schliefsen, dafs bei der Temperatur, bei welcher die Umkehrung des Stromes eintritt, die elektrische Differenz an der warmen Berührungsstelle gerade wieder gleich der an der kalten geworden wäre, und sich so auf dem Durchgangspunkte aus einem gröfseren in einen kleineren, oder aus einem kleineren in einen gröfseren Werth befände. Bei dieser Aenderung ihres Werthes würde natürlich ihr Vorzeichen zunächst ungeändert bleiben, und es müfsten sich daher bei der Umkehrung des Stromes auch seine thermischen Wirkungen an den beiden Berührungsstellen in die entgegengesetzten verwandeln, so dafs, wenn vorher Wärme von einem warmen zu einem kalten Körper überging, nun der umgekehrte Uebergang einträte, was dem Carnot'schen Gesetze direct widerspricht. Man ist also zu der Annahme genöthigt, dafs auch im Innern der beiden verbundenen Metalle, oder Eines derselben, elektrische Differenzen entstanden seyen, welche als elektromotorische Kräfte zur Hervorbringung des Stromes mitwirken, und hat zugleich durch die Bedingung, dafs das Carnot'sche Gesetz immer erfüllt bleiben mufs, ein Mittel über das Verhältnifs, in welchem diese verschiedenen Differenzen zu einander stehen müssen, wenigstens Einiges zu schliefsen.

Damit ist aber nicht gesagt, *dafs jede Temperaturver-*

schiedenheit schon als solche nothwendig von einer elektrischen Differenz begleitet seyn müsse, sondern ich glaube, dafs es zur Erklärung jener Abweichungen, soweit sie bisjetzt beobachtet sind, hinreicht, wenn man die im Innern eines Metalles entstehende elektrische Differenz nur als eine *secundäre* Wirkung der Temperaturverschiedenheit betrachtet, welche dann eintritt, *wenn durch die Temperaturänderung des einen Theiles eine Aenderung seines Molecularzustandes veranlafst ist*, so dafs der veränderte und der unveränderte Theil desselben Metalles sich wie verschiedene Metalle zu einander verhalten.

Dafs dergleichen Aenderungen in bedeutendem Maafse stattfinden, läfst sich in manchen Fällen mit ziemlicher Sicherheit nachweisen, und es möge als ein Beispiel der Art hier der Stahl betrachtet werden, bei welchem die Wirkungen der Wärme besonders auffällig sind. Harter und weicher Stahl stehen sich in den bedeutendsten Eigenschaften, wie Härte, Elasticität und Sprödigkeit, so fern, wie zwei ganz verschiedene Metalle, und es ist bekannt, dafs bei ihrer Berührung auch eine elektrische Differenz entsteht, indem sich aus ihnen eine wirksame Thermokette, und durch mehrfache Wiederholung eine ziemlich kräftige Thermosäule bilden läfst. Da dieser ganze Unterschied seine Ursache nur in der gröfseren oder geringeren Geschwindigkeit der Abkühlung hat, so mufs man annehmen, dafs die bei höherer Temperatur stattfindende Art der Verbindung des Eisens mit der Kohle, und der damit zusammenhängende Molecularzustand der ganzen Masse sich bei der Abkühlung zu ändern sucht, dafs diese Aenderung aber einiger Zeit bedarf, und daher durch die Schnelligkeit der Abkühlung ganz oder theilweise verhindert werden kann, während sie bei langsamer Abkühlung wirklich eintritt. In Uebereinstimmung hiermit kann man aus der Verschiedenheit, welche man zwischen langsam und schnell gekühltem Stahle beobachtet, auf eine entsprechende Verschiedenheit zwischen langsam gekühltem und heifsem Stahle schliefsen,

und denselben Schlufs hat auch Seebeck aus seinen thermoelektrischen Versuchen gezogen [1]).

Für das häufige Vorkommen und den elektrischen Einflufs solcher Verschiedenheiten des Molecularzustandes sprechen ferner alle thermoelektrischen Ströme, welche man bei Anwendung eines einzigen Metalles erhält, wenn man einzelne Stellen desselben erwärmt. Besonders stark sind diese bei solchen Metallen, die ein deutlich ausgeprägtes krystallinisches Gefüge zeigen. So beobachtete Seebeck [2]) z. B. bei einem im Ganzen gegossenen Ringe aus Antimon, dafs er sich gerade so verhielt, als ob er aus zwei verschiedenen Metallen bestände, deren Gränzen sich genau feststellen liefsen. Als später der Ring zerbrochen wurde, fand sich, dafs der eine Theil sternförmig krystallisirt war, während der andere ein feinkörniges Gefüge besafs, und eine weitere Untersuchung des Gegenstandes ergab als Ursache dieses Unterschiedes die verschiedene Erkaltungsgeschwindigkeit der beiden Theile. Für dehnbare Metalle ist in neuerer Zeit Magnus durch sorgfältige experimentelle Untersuchungen [3]) ebenfalls zu dem Resultate gelangt, dafs die in einem einzigen Metalle entstehenden Ströme ihren Grund in dem verschiedenen Zustande seiner Theile, besonders in der verschiedenen Härte haben. Da demnach durch verschiedene Behandlung in den Theilen eines Metalles bleibend ein solcher Unterschied des Zustandes entstehen kann, dafs sie sich in Bezug auf die Bildung von thermoelektrischen Strömen wie verschiedene Metalle verhalten, so ist es wohl keine unwahrscheinliche Annahme, dafs auch durch Temperaturverschiedenheit vorübergehend ein solcher Unterschied hervorgerufen werden könne.

Wenn nun in einer Thermokette dieser Fall eintritt,

1) Ueber die magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz, von Dr. T. J. Seebeck, Denkschr. der Berliner Akad. für 1822 u. 23, und diese Ann. Bd. 6, §. 47.

2) a. a. O. §. 46.

3) Denkschriften der Berliner Akad. für 1851, und diese Ann. Bd. 83, S 469.

dafs ein Theil des einen Metalles seinen Molecularzustand ändert, so entsteht dabei erstens, wie erwähnt, zwischen diesem veränderten und dem unveränderten Theile desselben Metalles eine vorher nicht vorhandene elektrische Differenz, und zweitens erleidet an der Stelle, wo der veränderte Theil ein anderes Metall berührt, die dort schon vorhandene elektrische Differenz eine Aenderung, welche in der Gleichung (14) nicht mit ausgedrückt ist, und daher noch besonders in Rechnung gebracht werden mufs, und beide Umstände vereinigen sich in ihrer Wirkung auf den Strom. Um in solchen Fällen mit dem Carnot'schen Gesetze im Einklange zu bleiben, braucht man sich nur die durch die Wärme in der Thermokette hervorgebrachten elektrischen Wirkungen in zwei Theile zerlegt zu denken, nämlich in die unmittelbaren und die durch Aenderungen des Molecularzustandes vermittelten, und dann die letzteren so zu behandeln, als ob sie durch wirkliche Stoffveränderungen veranlafst wären, für die ersteren dagegen die Gleichung (14) ungeändert beizubehalten und sie nach jeder Aenderung des Molecularzustandes auf die veränderte Kette gerade so anzuwenden, wie vorher auf die unveränderte. Ob die Aenderung des Molecularzustandes bei einer bestimmten Temperatur sprungweise eintritt, oder ob ein allmäliger Uebergang aus dem einen Zustande in den anderen stattfindet, macht hierbei keinen wesentlichen Unterschied, denn im letzteren Falle kann man statt Einer endlichen Differenz eine unendliche Reihe von unendlich kleinen Differenzen annehmen.

Wenn man für alle einzelnen thermoelektrischen Erscheinungen, welche in dergleichen Aenderungen des Molecularzustandes ihren Grund haben, das vorher angedeutete Verfahren wirklich ausführen, und sie auf diese Weise vollständig erklären wollte, so würde man freilich auf bedeutende Schwierigkeiten stofsen, indem dazu einerseits diese Aenderungen und andererseits jene Erscheinungen selbst viel genauer bekannt seyn müfsten, als es bisjetzt der Fall ist. Ein solches Unternehmen würde aber auch die beab-

sichtigten Gränzen dieses Aufsatzes weit überschreiten. Wie man nämlich in jedem Zweige der Wissenschaft zuerst für die Erklärung der gewöhnlich wiederkehrenden und daher als *Regel* geltenden Erscheinungen eine sichere Grundlage gewonnen haben mufs, ehe man auf die Untersuchung der einzelnen *Ausnahmefälle* näher eingehen kann, so glaubte ich auch bei diesem Versuche einer mechanischen Theorie der thermoelektrischen Erscheinungen die letzteren zunächst nur in jener regelmäfsigen Gestalt auffassen zu müssen. Die Abweichungen von der Regel brauchten dabei nur in sofern erwähnt zu werden, als gezeigt werden mufste, dafs sie mit den aufgestellten Principen nicht im *Widerspruche* stehen.

II. *Resultate aus directen Messungen der Sonnenwärme; von C. L. Althans.*

Erste Mittheilung.

Schon vor vielen Jahren wurde mir das Bedürfnifs sehr fühlbar, die bisherigen Kenntnisse und Ansichten über die physikalischen Beschaffenheiten des Sonnenkörpers zu erweitern. Unstreitig ist die Sonne, wovon das ganze Naturleben etc. abhängig ist, der wichtigste Gegenstand aller Naturforschungen, um die noch sehr unvollkommenen, zum Theil irrigen Begriffe von derselben zu verbessern.

Das von Pouillet angegebene Pyrheliometer und die Gebrauchsmethode war mir nicht genügend, weshalb ich drei verschiedene neue Instrumente construirte, eigenhändig [1]) ausführte, und durch *mehrjährige Probemessungen* die kleinen Störungen zu beseitigen und die geeignetste Messungsmethode zu ermitteln suchte.

Solche

1) Aus dazu angeschafften Thermometern und Gläsern.

Solche Messungen haben ihre ganz besondere Eigenheiten und Schwierigkeiten, welche hauptsächlich in den zu selten vorkommenden brauchbaren Tagen und Jahreszeiten liegen. Deshalb vergingen mit vielen ungenügenden Messungen manchmal viele Jahre, bis ich (in meiner dazu verwendbaren Zeit) *einen vollkommen guten Tag* dazu antreffen konnte. Diese unumgänglichen Umstände und andere Vorsichtsmaafsregeln nehmen viel Geduld und Beharrlichkeit in Anspruch, um nur nach vielen Jahren einige genügende Resultate zu gewinnen, welche mit einer gewissen Sicherheit zu veröffentlichen sind.

Die angedeuteten drei neuen Instrumente bestehen:

1) in einem *Pyrheliometer* zur Messung der ganzen strahlenden Sonnenwärme, welcher genau 100 Grm. Wasser-Wärmecapacität enthält, und 25 Quadrat-Centimeter Strahlenquerschnitt aufnimmt;
2) in einem *Photometer*, welcher die Lichtstärke mit doppelten dunklen Glaskeilen mifst, indem der Maafsstab diese Glasdicke nach Zehntel-Millimeter angiebt; und
3) in einem *zweiten Pyrheliometer*, womit in einem vergröfserten Sonnenbilde von 16 Millimeter Radius an jeder beliebigen Stelle der uns zugekehrten Sonnenoberfläche die relative Wärme gemessen werden kann.

Die beiden ersten Instrumente sind schon vor mehreren Jahren vollendet und erprobt. Die Ausführung dieses letzteren Instrumentes ist zwar schon vor vielen Jahren angefangen, aber erst im J. 1853 soweit vollendet, erprobt und berichtigt, dafs (nach einigen früheren Probemessungen) im Juli am 9ten ein brauchbarer Vormittag zu 4 zuverlässigen Beobachtungen benutzt werden konnte.

Die ausführliche Mittheilung von der Einrichtung und dem Gebrauche dieser Instrumente mufs ich (wegen Mangels an Zeit) mir noch vorbehalten, und bemerke nur zum besseren Verständnisse der Resultate, dafs an jedem Pyrheliometer die Sonnenhöhen ($\angle v$ über dem Horizonte) durch einen in Zehntel-Grade getheilten Gradbogen angegeben werden.

ad 3) Für die zu messenden Punkte im vergröfserten Sonnenbilde von 32 Millimeter Durchmesser ist eine transparente Platte am Rohrauszuge, auf welcher 16 Ringe (à 1 Millim. breit) durch Kreise abgetheilt sind, welche nach zwei sich rechtwinklich kreuzenden Durchmessern in verschiedenen Fernen vom Mittelpunkte, und in diesem selbst, Löcher von genau 2^{mm} Durchmesser haben, die mit einem Stöpfchen verschlossen und beliebig geöffnet werden. Die drehbare Kapsel dieser Scheibe ist stellbar an einer Gradtheilung auf dem Rohrumfange, um immer, gemäfs der Jahres- und Tageszeit, der scheinbar drehenden Sonnenbewegung folgen und in jeder beliebigen Richtung irgend eines Sonnenradius und Ferne vom Mittelpunkte die relative Wärme messen zu können, indem ein solches Loch geöffnet und der Strahlenbündel von 2^{mm} Durchmesser auf eine mit Schellack und Wachsstockflammen-Rufs geschwärzte Thermometerkugel gerichtet wird. Diese Kugel ist in einer cylindrischen Kapsel von doppeltem Zeichnenpapier eingeschlossen und aufserdem noch mit einem guten dreifachen Schirme versehen, welcher die übrige Wärme des Sonnenbildes abhält; so dafs der zu messende Strahlenbündel nur durch ein Kapselloch die Kugel trifft.

Dieses Instrument hat ein einfaches möglichst dünnes Objectivglas von $6\frac{1}{4}$ Zoll preufsisch Durchmesser, ein zweites einseitiges Plan-Linsen-Glas von $3\frac{1}{7}$ Zoll Durchmesser von jenem 13 Zoll entfernt, welche beide von diesem in 10,1 Zoll Ferne ein verkehrtes optisches Sonnenbild von 4^{mm} Durchmesser liefern. Dieses wird durch eine einseitig plane (mit der Planfläche vom Bilde 0,86 Zoll entfernte) Mikroskoplinse, in 7,24 Zoll Ferne, 8fach im Durchmesser vergröfsert gegen vorerwähnte durchlochte und transparente Platte geworfen, welche aus drei weifsen Druckpapierdicken mit Gummiarabicum zusammengeleimt und geprefst ist, vorher aber einzeln *viermal* mit gesättigter Alaunlösung getränkt und immer getrocknet sind. Diese Präparatur hat den Zweck, dafs die *transparente* Platte von etwa $\frac{1}{2}$ Millim. Dicke möglichst *atherman* seyn soll. Auf

eine ähnliche Weise ist auch der erwähnte dreifache athermane Papierschirm präparirt und zwischen jene Platte und die Thermometerkapsel gebracht.

Ein vollkommnerer astronomischer Heliometer mit einer ähnlichen Vergröfserung des Sonnenbildes würde vielleicht bessere Resultate liefern können, und er wäre auch mit der Bewegungsvorrichtung zur Verfolgung der scheinbaren Sonnenbewegung viel bequemer, wenn die übrigen Hülfsvorrichtungen ebenfalls zweckmäfsig angebracht würden.

Beiläufig sey bemerkt, dafs die zuerst benutzte etwas kleinere Mikroskoplinse bei den ersten Versuchen in wenigen heifsen Tagen, durch die Hitze des kleinen Sonnenbildes, im Innern der Glasmasse sichtbar gewordene muschelige Bruchsprünge bekommen hat. Die zweite Linse (aus einem Ocular der stärksten Vergröfserung eines Mikroskopes entnommen), womit nachstehende Messungen gemacht sind, zeigt noch keine innere Sprünge.

Diese Bemerkungen dürften vorläufig genügen, bis später ausführlichere Mittheilungen der Messungs- und Rechnungsmethoden etc. nebst Zeichnungen und Beschreibungen der Instrumente erfolgen können.

A. Resultate aus den Messungen mit dem ersten Pyrheliometer, über die ganze Sonnenwärme.

Der beste von allen Beobachtungstagen, 1850 Juni 25, gestattete 21 der übereinstimmensten Beobachtungen, welche besonders zur Ermittelung des Wärmeverlustes in der Atmosphäre erforderlich waren.

Gleichzeitig wurden damit verbunden:

B. Photometer- und

C. Psychrometer-Messungen, wie auch Beobachtungen der Windrichtung etc., welche zur Controle atmosphärischer Verhältnisse sehr nothwendig sind.

1) *Resultat ad A, von* 21 *Beobachtungen*:

Das Wärmemaafs von 100 Grm. Wasser mit 20□-Centimeter Strahlenquerschnitt giebt in 10 Minuten, incl. der Wärmeabsorption von der Atmosphäre, also *aufserhalb derselben*, den *constanten Wärmewerth*

$$W = 9^0,137 \text{ Cels.}$$

Dabei war der mittlere Wärmewerth, welcher in der Atmosphäre von W verloren ging und auf einen vergleichbaren Werth x für einen eingebildeten *senkrechten Durchgang* berechnet wurde

$$x = 1^0,9 \text{ Cels.}$$

Dieser war in den 21 besonderen Beobachtungen von kleinen atmosphärischen Störungen abhängig: gröſser bei N. O. Windrichtungen, oder beim Luftzuge als bei vollkommener Windstille u. dgl. Die verschiedenen Werthe von x variiren zwischen $1^0,506$ bis $2^0,259$. Dieses Maximum war Nachm. 2 U. 30 M. und das Minimum Nachm. 5 U. 50 M.

Die wirklichen von der Atmosphäre absorbirten Werthe sind

$$= (x \,.\, \text{cosecante } v)^0 \text{ Cels.}$$

wenn der $\angle v$ die Sonnenhöhe über dem Horizonte bezeichnet. Demnach ist z. B. die wirkliche Absorption der Wärme in geneigter Richtung Nachm. von 1 U. 20 M. bis 30 M.

$$1^0,9 \,.\, 1,175 = 2^0,2325 \text{ oder } \frac{2^0,2325}{9^0,437} \text{ nahe } 0,2366 \,.\, W;$$

und von 5 U. 20 M. bis 30 M.

$$1^0,9 \,.\, 2,488 = 4^0,7272 \text{ oder } \frac{4^0,7272}{9^0,437} \text{ etwas mehr als } 0,5 \,.\, W.$$

Das Minimum würde (ohne besondere Störungen) genau auf 12 Uhr Mittags fallen. Die spätere höhere Lufttemperatur, welche am Beobachtungstage Nachmittags um 3 Uhr eintrat, ist also allein das Resultat der bis dahin vom Erdboden etc. eingesammelten Wärme, welche dann in gröſster Menge wieder ausgestrahlt wird.

ad B. Die Lichtstärke war Vormittags von 8 U. 0 M. bis 10 U. 20 M. zunehmend von $32^{mm},0$ bis $32^{mm},6$.

Sie wurde über Mittag und Nachmittags bei den anderen Beobachtungen von 1 U. 20 M. bis 3 U. 10 M. nicht beobachtet, weil es für einen Beobachter zu lästig war.

Bei gleichen Sonnenhöhen Vor- und Nachmittags war sie verschieden: Vormittags von 8 U. 0 M. bis 8 U. 40 M.

zunehmend von 32^{mm},0 bis 32^{mm},4; und Nachmittags von 3 U. 20 M. bis 4 U. 0 M. abnehmend von 32^{mm},6 bis 32^{mm},5.

Die Abnahme der Lichtstärke Nachmittags von 3 U. 20 M. bis 5 U. 50 M. war von 32^{mm},6 bis 31^{mm},8.

ad C. Die Feuchtigkeitsverhältnisse der Atmosphäre bei den Temperaturen im Schatten von 22° bis 31°,5 Cels. während der Beobachtungszeiten, zeigten in 1 000 000 Maafs Luft im Mittel 13,8 Maafs Wasser. Vormittags von 8 U. 0 M. bis 10 U. 20 M. im Mittel 14,4 Maafs, und Nachmittags von 1 U. 10 M. bis 6 U. 0 M. im Mittel 13,2 Maafs. Das Minimum zeigte sich Nachmittags 2 U. 20 Min. = 11,4 Maafs und 4 U. 50 M. = 11,9 Maafs; und das Maximum Vormittags 10 U. 20 M. = 15,2 Maafs.

Es waren zwar schon einige trockene Tage mit meist Ostwind vorher gegangen, weshalb dieser ganz wolkenfreie Tag bei meist Ostwind, zwischen NO. und SO. wechselnd, aufserordentlich günstig war: aber die verschiedenen Wasserverdampfungen aus der Erde, welche sich zunächst am Psychrometer [1]) bemerklich machten, kamen (unsichtbar) etwas später in der Luft vor die Sonne, und die Erhaltung des Dampfes in klarer Auflösung (NB. bei der aufsteigenden Ausdehnung und Abkühlung durch die Wärmebindung), wie die nordöstlichen kühleren Luftzüge u. s. w. verursachten doch mit ihren gröfsten Werthen dieser Combinationen gemeinschaftlich die Maxima von den vorstehenden Werthen x.

Aus diesem *ersten Resultate*, $W = 9°,437$ Cels. für 10 Minuten, ergeben sich folgende berechnete Resultate für die Erde und den Mond.

2) Es würde (als ein allgemeines Wärmemaafs) mit 1 Quadrat-Meter Strahlenquerschnitt

pro	Minute	1 Kub.	Meter	Wasser	auf	0°,037748	Cels.
»	Stunde	»	»	»	»	2°,26488	»
»	24 »	»	»	»	»	54°,35712	»

1) Diese Thermometer waren durch eigenthümliche Schirmkapseln gegen jede äufsere Störung (Windstöfse, Strahlungen u. s. w.) geschützt und erprobt.

erhöht werden, wenn alle Strahlenwärme vollkommen absorbirt angenommen wird.

3) *Für jedes Quadrat-Meter* der heifsen Zone würde (da wo Mittags die Sonne im Zenith steht, bis 1 Meter Tiefe reines Wasser als Maafseinheit betrachtet) eine tägliche Temperaturerhöhung (incl. Atmosphäre)

$$\frac{54^\circ,35712}{\pi} = 17^\circ,3$$

um den ganzen Erdgürtel erfolgen.

4) Unter den verschiedenen Breite-Zonen würde, bei Tag und Nacht gleich und gemäfs dem Breitegrade $= b^\circ$, pro Quadrat-Meter Oberfläche und 1 Meter Wassertiefe

$$17^\circ,3 \,.\, \cos \,.\, b^\circ$$

Erwärmung um die ganzen Erdgürtel in 24 Stunden zu rechnen seyn.

5) Setzt man den Querschnitt der Erde

$$\pi \,.\, r^2 = 3{,}1416 \,.\, (6377270)^2 \text{ in Meter}$$

$$\text{etwa} = 127\ 767\ 530\ 000\ 000 \ \square\text{-Meter.}$$

Dieser giebt also mit 1 Meter Tiefe ebensoviel Kubik-Meter Wasser für die ganze Erde, welche in 24 Stunden auf 54°,35712 zu erwärmen sind.

6) Daraus ergiebt sich, in Betreff der in je 24 Stunden von der Sonne gegen den ganzen Erdquerschnitt, also im gleich grofsen Strahlenquerschnitte kommenden Wärmemenge, dafs diese

$$\frac{54^\circ,35712}{75^\circ} \,.\, 127\ 767\ 530\ 000\ 000 \text{ nahe}$$

$$= 92\ 601\ 000\ 000\ 000 \text{ Kub. Meter Eis}$$

schmelzen könnte.

7) Oder es würde mit den täglich von der Sonne auf die Erdoberfläche treffenden Wärmestrahlen eine Wassermenge von

$$\frac{54^\circ,35412}{640^\circ} \,.\, 127\ 767\ 530\ 000\ 000 \text{ nahe}$$

$$= 10\ 851\ 662\ 000\ 000 \text{ Kub. Meter}$$

von 0° Temperatur in Dampf von 100° verwandelt werden können.

Die sub 5, 6 und 7 ermittelten Zahlen geben nur Begriffe, nach der bestimmten Maafseinheit, von der täglich zur Erde kommenden Sonnenwärme, welche die tägliche Ausstrahlung hauptsächlich Nachts wieder ausgleicht, um die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche in dem jetzigen constanten [1]) Zustande zu erhalten.

Hauptsächlich dürfte ein Theil des Zahlenwerthes sub 6 zur Schmelzung des Polar- und Gletscher-Eises etc., und der Rest davon, als proportionaler Theil von dem sub 7. enthaltenen Zahlenwerthe, zur gesammten Wasserverdampfung und zur directen Ausstrahlung etc. verwandelt werden.

8) Auf ähnliche Weise erfolgt ein *bestimmteres Resultat* für die periodische Erwärmung der *Mondoberfläche*, weil daselbst keine Rücksicht auf die Absorption der Atmosphäre zu nehmen ist. Dort mufs aber statt 24 Stunden die synodische Umlaufszeit (der Lichtphasen), also eine 29',53058 mal so lange Erwärmung gerechnet werden. Demnach würde in der Mond-Umlaufszeit 1 Kub. Meter Wasser mit 1 □-Meter Strahlenquerschnitt ein Wärmemaafs von 54°,35712 . 29',53058 = 1605",2 erhalten.

Dieses giebt für jedes □-Meter der Aequatorzone des Mondes eine monatliche Erwärmung, auf 1 Meter Tiefe Wassermaafs gerechnet, von $\frac{1605,2}{\pi} = 510^\circ,9$.

Nimmt man für die trockene Mondoberflächen-Masse die Wärme-Capacität des Quarzes an, und übersetzt das Wasser-Wärmemaafs in eine gleiche Volumen-Wärme-Capacität des Quarzes,

durch das specifische Gewicht desselben = 2,69
und durch die specifische Wärme » = 0,19;

so erhält man für die Volumen-Wärme-Capacität des Quarzes 0,5111 des Wassers. Demnach würde die monatliche Erwärmung (auf 1 Meter Tiefe als Maafs gleichförmig erwärmt gedacht) um die ganze Aequator-Zone des Mondes

1) Später mitzutheilende Untersuchungen werden zeigen, dafs der mittlere Temperaturzustand nicht absolut constant bleiben kann, sondern mit der Zeit nothwendig abnehmen mufs.

$\frac{510°,9}{0,5111} = 999°,6$ nahe 1000° betragen; welche dort ebenfalls durch die monatliche Ausstrahlung auf eine mittlere constante Temperatur zurückgeführt werden mufs. Aus solchen oder anders beliebten Maafsverhältnissen lassen sich viele andere Resultate, den Anforderungen gemäfs, ermitteln.

9) Es wird z. B. in der Aequatorzone des Mondes die Oberflächentemperatur im Laufe des Monats sehr verschieden: so dafs auf der uns zugekehrten Seite etwa 7 *Tage nach Vollmond ein Maximum* von etwa 400°, und etwa ½ Tag nach dem ersten Viertel ein *Minimum* von etwa — 122° auf der uns alsdann zugekehrten Seite, also 522° Differenz, seyn mufs.

a) Die gemachten ausführlicheren Ermittelungen für jedes Dreifsigstel der Mondumdrehung u. s. w. würden hier jetzt zu weit führen, und dürfen für den Zusammenhang der späteren Folge reservirt werden, indem ich zunächst nur die Absicht habe:

b) das besonders Bemerkenswerthe daraus hervorzuheben, dafs nämlich dieses Resultat, in Betreff des Maximums der Mondwärme, 7 *Tage nach Vollmond*, mit dem von Hrn. Dr. Buys Ballot auf einem ganz anderen Wege (gelegentlich bei der Ermittelung der verschiedenen Sonnenwärme) gefundenen Resultate so genau übereinstimmt — dafs es wohl als ein Triumph für die benutzten 70-jährigen Temperaturbeobachtungen und die wissenschaftlichen Entwickelungen betrachtet werden darf, dafs daraus die gröfste Wärmewirkung des Mondes auf unsere nördliche Erdhälfte so richtig erkannt wurde.

c) Es dürfte also diese Uebereinstimmung um so mehr für die Sonne schon als ein sicherer Beweis für die Richtigkeit der Rotations-Periode in Betreff der *zwei verschieden heifsen Seiten* betrachtet werden, welche in Pogg. Ann. Bd. LXVIII. (1846) S. 208 als synodische Periode $= 27^t,68$ angegeben ist.

Nach S. 206 tritt am 1sten Januar 1846 die kälteste Seite, und am 15ten Januar die wärmste Seite vor

d) Später berichtet Derselbe über diesen Gegenstand weiter (in Pogg. Ann. vom Jahre 1851, Bd. LXXXIV., S. 521): Vor einigen Jahren habe ich etc.

1) »Die Rotationszeit der Sonne um ihre Axe zu 25,78 ± 0,003 Tagen bestimmt.«

2) »Namentlich habe ich daraus abgeleitet, das jedesmal nach 27,682 ± 0,004 Tagen (als geocentrische Rotation der Sonne, oder von der Erde gesehen) eine geringe Erhöhung, und in den Zwischenzeiten eine Erniedrigung der Temperatur stattfinde, u. s. w.«

e) Setzt man das Jahr = 365,256 384 mittlere Sonnentage, so sind vom Anfange 1846 (sub *c*) bis zum Anfange 1853

$$7 \times 365{,}256\,384 = 2556{,}794688 \text{ Tage verflossen.}$$

Daraus erfolgen verflossene

$$\frac{2556{,}794688}{27{,}682} = 92 \text{ Rotations-Perioden und ein Bruchtheil.}$$

Für jede Periode ± 0,004 Tage als möglichen Fehler, giebt für die 7 Jahre oder 92 Perioden ± 0,368 oder höchstens 0,4 Tage Fehler, wenn man nach jenen Angaben für das Jahr 1853 die Perioden berechnet, wie ich nachstehend gethan habe, um in diesem Jahre mit dem *zweiten Pyrheliometer* vergleichende Messungen zu versuchen. Weil aber ± 0',004 als möglicher Fehler für die 7 Jahre bis her nur höchstens 0',4 giebt, so ist statt jener Periode = 27',682 nur die frühere Angabe = 27',68 zu nachstehenden Berechnungen genommen.

f) Das Bedürfnifs, die verschiedenen Temperaturen im Sonnenbilde beliebig nach jeder Richtung messen zu können, wurde mir (wie gesagt) schon vor vielen Jahren sehr fühlbar, weil ich, aus (später erst näher zu erklärenden) Gründen, sehr verschiedene Temperaturverhältnisse auf der Sonnenoberfläche erwartete; also durch vorerwähnte Dr. Buys-Ballot's Mittheilung noch vermehrt. Wie derselbe (Pogg. Ann. (1852) Bd. LXXXVII., S. 541 u. f.) »*sub III. Bemerkungen u. s. w.*« auch selbst den (mir eben-

falls brieflich geäufserten) Wunsch ausspricht, dafs die Periode durch directe Pyrheliometer-Messungen näher geprüft und constatirt werden möge [1]).

10) Die Resultate der ersten Versuchmessungen, die eigentlich zur Berichtigung und Vervollständigung des zweiten Pyrheliometers, und zur Einübung der geeignetsten Messungsmethode dienten, werden hier übergangen. Wenn sie auch schon den Erwartungen entsprachen, so waren sie doch wegen Störungen etc. unzuverlässig.

Die an einem günstigen Vormittage, 1853 Juli 9, gewonnenen Resultate werden nachstehend vollständig mitgetheilt.

Vorbemerkungen und Erklärung der Zeichnung vom vergröfserten Sonnenbilde in natürlicher Gröfse.

Um jenen Wünschen entsprechende Pyrheliometer-Beobachtungen der 2ten Art machen zu können, welche die relativen Wärmeverhältnisse von verschiedenen Punkten zeigen, war es zur Vergleichung mit Dr. Buys-Ballot's Rotations-Periode zuerst nothwendig, durch dieselbe die verflossene und die zunächst kommende Zeit nach den Angaben einzutheilen. Für die Beobachtungen ergab sich ferner die Nothwendigkeit, die Zeit in Viertel-Perioden zu theilen, und die Zeit des Eintritts der heifsesten Sonnenseite (d. h. *mitten* vor die Sonnenscheibe) mit $+\odot$, die der geringsten Hitze mit $-\odot$ und die beiden zwischen jene fallenden Wärmemittel nur mit $\odot$ zu bezeichnen.

Es wird nicht allein für manche andere Vergleichungen die Mittheilung der berechneten Tabelle angenehm seyn; sondern es ist auch wünschenswerth, wenn dieselbe hiermit

1) Eine solche Prüfung wäre mit dem Pyrheliometer der ersten Art auch sehr wünschenswerth, um zu sehen wie sich die zwei verschiedenen Seiten mit ihrer ganzen Wärme-Intensität verhalten. Es können dazu aber viele Jahre verstreichen, bis zufällig *zwei* gleich gute Tage auf die halben Periodentage eintreffen. Mit dem der zweiten Art kann die relative Vergleichung in einem Tage geschehen.

der Prüfung ihrer Richtigkeit unterworfen wird. Dazu ist es nothwendig, den Anfangspunkt genau anzugeben.

Bd. LXVIII. (1846) S. 208 ist die Angabe der synodischen Rotations-Periode = 27',68. Diese ist zur Berechnung gebraucht, so dafs die halbe Periode = 13',84 und die Viertel-Periode = 6',92 beträgt.

Nach S. 206 tritt am 1sten Januar 1846 die Sonnenseite mit der geringsten, und am 15ten Januar die mit der gröfsten Hitze vor. Rechnet man für die beiden Tage die Mittagszeit, so hat man

für diese halbe Periode 15 — 1	= 14	Tage
die halbe Periode ist aber nur	= 13',84	»
also bleibt Rest	= 0',16	

= 3,84 oder nahe 4 Stunden. Demnach bleibt der Anfangspunkt nahe um ± 2 Stunden zweifelhaft.

Zur Notiz sey nun bemerkt, dafs zur Berechnung die heifseste Seite (+ ⊙) *im Jahre* 1846 *Januar* 15 *genau auf Mittag angenommen ist*, und folgende Uebersicht pro 1853 liefert.

Künftig dürfte es noch wohl ein allgemeines Bedürfnifs werden, solche ebenso im Kalender zu notiren wie die Lichtphasen des Mondes. Dabei müfsten dann aber auch die vier verschiedenen Bilder von den Lagen des Sonnen-Aequators zur Ekliptik zwischen dem 8ten und 10ten gegeben werden (siehe Taf. III., Fig. 20); indem besonders die zwei Lagen im Juni und December *vor* und *nach* dem Durchgange der Erde durch die Sonnen-Aequatorebene (durch die Richtung des Zodiacallichts) *zwei verschiedene Einflüsse* auf unsere zwei Erdhälften, in meteorologischer Beziehung, äufsern, — wie aus meinen Beobachtungen hervorgegangen ist, und in später folgenden Resultaten mitgetheilt werden soll, worauf hiermit nur vorläufig aufmerksam gemacht wird.

Dergleichen auch vom Monde.

Es wird auch in den nachfolgenden Resultaten nachgewiesen werden, dafs die etwa 10jährige Periode der meisten und gröfsten Sonnenflecke von nachstehender Ro-

tations-Periode der heifsesten Seite des inneren Sonnenkörpers abhängig ist, u. dgl. m.

Auch bin ich mit der von Hrn. Dr. Buys-Ballot (Pogg. Ann. Bd. LXXXVII., S. 551) ausgesprochenen Ansicht vollkommen einverstanden: dafs nicht allein die vorerwähnte 10jährige Sonnenflecken-Periode, sondern auch sehr wahrscheinlich die Rotations-Periode der heifsesten Sonnenseite sich in den Schwankungen der Magnetnadel bemerklich macht; indem ich die *Ursache* der magnetischen Schwankungen (wie überhaupt des Erdmagnetismus) hauptsächlich in den verschiedenartigen Abschmelzungen des Polareises, den numerischen kalten Strömen von den Polen zum Aequator und den oberen warmen Rückströmen suche wie später beim Erdmagnetismus näher zu zeigen ist, und ich schon längst gegen Hrn. Professor von Riese zu Bonn, welcher bei dortiger Sternwarte die magnetischen Beobachtungen besorgt, mündlich geäufsert habe.

Hierzu würde nachstehende Uebersicht nebst Fortsetzung ebenfalls dienen.

Nach der vorstehend ausgesprochenen Ansicht über die Ursache, kann der Erfolg als Wirkung auf die Magnetnadel aber erst nach Verlauf einer gewissen Zeit eintreten.

Uebersicht (nach bürgerlicher Tageseintheilung).

[¼ Periode ist = 6',92 = 6 Tage + (12 + 10) Stunden + 4,8 Minuten.]

1852.					
+⊙	Decemb.	8.	Abends	2 U.	9,6 M.
⊙	»	15.	»	0 »	14,4 »
−⊙	»	22.	Morgens	10 »	19,2 »
⊙	»	29.	»	8 »	24,0 »
1853.					
+⊙	Januar	5.	»	6 »	28,8 »
⊙	»	12.	»	4 »	33,6 »
−⊙	»	19.	»	2 »	38,4 »
⊙	»	26.	»	0 »	43,2 »

1853.					
+⊙	Februar	1.	Abends	10 U.	48,0 M.
⊙	»	8.	»	8 »	52,8 »
—⊙	»	15.	»	6 »	57,6 »
⊙	»	22.	»	5 »	2,4 »
+⊙	März	1.	»	3 »	7,2 »
⊙	»	8.	»	1 »	12,0 »
—⊙	»	15.	Morgens	11 »	16,8 »
⊙	»	22.	»	9 »	21,6 »
+⊙	»	29.	»	7 »	26,4 »
⊙	April	5.	»	5 »	31,2 »
—⊙	»	12.	»	3 »	36,0 »
⊙	»	19.	»	1 »	40,8 »
+⊙	»	25.	Abends	11 »	45,6 »
⊙	Mai	2.	»	9 »	50,4 »
—⊙	»	9.	»	7 »	55,2 »
⊙	»	16.	»	6 »	0,0 »
+⊙	»	23.	»	4 »	4,8 »
⊙	»	30.	»	2 »	9,6 »
—⊙	Juni	6.	»	0 »	14,4 »
⊙	»	13.	Morgens	10 »	19,2 »
+⊙	»	20.	»	8 »	24,0 »
⊙	»	27.	»	6 »	28,8 »
—⊙	Juli	3.	»	4 »	33,6 »
⊙	»	10.	»	2 »	38,4 »
+⊙	»	17.	»	0 »	43,2 »
⊙	»	23.	Abends	10 »	48,0 »
—⊙	»	30.	»	8 »	52,8 »
⊙	August	6.	»	6 »	57,6 »
+⊙	»	13.	»	5 »	2,4 »
⊙	»	20.	»	3 »	7,2 »
—⊙	»	27.	»	1 »	12,0 »
⊙	Sept.	3.	Morgens	11 »	16,8 »
+⊙	»	10.	»	9 »	21,6 »
⊙	»	17.	»	7 »	26,4 »
—⊙	»	24.	»	5 »	31,2 »
⊙	October	1.	»	3 »	36,0 »

1853.				
+⊙	October 8.	Morgens	1 U.	40,8 M.
⊙	» 14.	Abends	11 »	45,6 »
—⊙	» 21.	»	9 »	50,4 »
⊙	» 28.	»	7 »	55,2 »
+⊙	Novemb. 4.	»	6 »	0,0 »
⊙	» 11.	»	4 »	4,8 »
—⊙	» 18.	»	2 »	9,6 »
⊙	» 25.	»	0 »	14,4 »
+⊙	Decemb. 1.	Morgens	10 »	19,2 »
⊙	» 8.	»	8 »	24,0 »
—⊙	» 15.	»	6 »	28,8 »
⊙	» 22.	»	4 »	33,6 »
+⊙	» 29.	»	2 »	38,4 »
1854.				
⊙	Januar 5.	»	0 »	43,2 »
—⊙	» 11.	Abends	10 »	48,0 »
⊙	» 18.	»	8 »	52,8 »
+⊙	» 25.	»	6 »	57,6 »
⊙	Februar 1.	»	5 »	2,4 »
—⊙	» 8.	»	3 »	7,2 »
⊙	» 15.	»	1 »	12,0 »

u. s. w.

Fig. 18 zeigt in natürlicher Gröfse das Ende des Rohres am 2ten Pyrheliometer mit der transparenten Scheibe *cd* für das Sonnenbild *ab*. Die Scheibe *ef* ist wie ein Dosendeckel auf dem Rohre drehbar, hat auf dem cylindrischen Rande vier um 90° entfernte Zeigerlinien, welche (nach den Zeichen der Figur 1) auf dem in Grade getheilten Rohre auf — 0° +, — 90°, + 90°, und — 180° + bei dieser Lage des Bildes eingestellt sind. Das Instrument hat eine horizontale und verticale Bewegung mittelst Schrauben, und wird so aufgestellt, dafs 0° und 180° jener Theilung immer in der senkrechten Ebene und nach der Sonne gerichtet bleiben, während die Rohraxe mit dem Neigungs-∠ *v* über dem Horizonte des Orts die Sonnenhöhe verfolgt.

In einer vorher berechneten Tabelle (für die hiesige

Breite) sind für alle Tage des Jahres und jede Viertel-Stunde von Morgens 6 Uhr bis Abends 6 Uhr die $\pm\angle s$ schnell zu finden, um welche die Sonnenaxe von 0° (d. h. von der senkrechten Ebene des Orts) abweicht; so dafs man mit der Scheibe *ef* immer der scheinbaren Drehung der Sonnenaxe während der Beobachtungen der Zeit gemäfs folgen kann. Von diesem $\angle s$ wird in der Beobachtungs-Tabelle nichts erwähnt, sondern er wird nur immer gehörig beachtet und gestellt.

Wenn in der Beobachtungs-Tabelle der $\pm\angle$ für die Messungen in verschiedenen Radien vorkommt, so wird damit die Abweichung von der Axe oder vom Aequator rechtsum mit + und linksum mit — bezeichnet. Ebenso werden die *Entfernungen vom Mittelpunkte* in den betreffenden Radien (oder anderen parallelen Linien), für den Aequator rechts mit + und links mit —; so wie für die Axe nach N. mit + und nach S. mit — bezeichnet. In Fig. 18 Taf. III. ist diese Bezeichnung angedeutet.

Das vergröfserte Sonnenbild wird genau in den Kreis *ab* der transparenten Platte *cd* eingestellt und während der Erwärmungszeit mit den zwei Stellschrauben immer möglichst genau erhalten. *de* ist die Randbreite des drehbaren Dosendeckels, worin die Platte zwischen zwei Ringe eingespannt und befestigt ist. Der äufserste Kreis *ab* des Bildes hat genau 16 Millimeter Radius, wie schon erklärt ist und die Fig. 18 zeigt.

Bei nachstehenden Beobachtungen ist die 5theilige Eintheilung benutzt, und die Messungslinie ist um $\pm 30°$ vom Aequator abweichend gerichtet, um auf der nördlichen Hälfte mit $+30°$ am östlichen Rande die Zone der meisten und gröfsten Sonnenflecken zu treffen, — wenigstens ihre Nähe. Denn 1853 Juli 9 war der günstige Beobachtungstag (nur bis Vormittags 11 U. 40 M.), und laut vorstehender Uebersicht traf Juli 10 Morgens 2 U. 38,4 M. $\odot$ auf der Sonnenmitte ein, also am östlichen Rande $+\odot$ und am westlichen Rande $-\odot$. In der Nähe der erwähnten Zone erwartete ich nämlich den heifsesten Sonnenpunkt, also mufste in der gewählten Richtung am westlichen Rande

der entgegengesetzte Punkt mit der geringsten Hitze in der Nähe der südlichen Zone — 30° vom Aequator befindlich seyn. Wahrscheinlich ist der ∠ 30° noch etwas zu grofs für die Zone der meisten und gröfsten Sonnenflecke gewählt, wenigstens für die äufserste Messung bei — 15. Für — 10 wird er diese Zone besser treffen. Zuerst annähernd, später genauer [1]).

Zur Beurtheilung der Messungs- und Rechnungs-Methode, und der Resultate, wird nachstehende Abschrift der Beobachtungs- und Rechnungs-Tabelle vollständig mitgetheilt. Die Fig. 19 giebt die Versinnlichung dazu. Die Axe N S dieses Bildes folgte immer der Neigung der Sonnenaxe, nämlich dem vorerwähnten $\pm \angle s$. Der Aequator war um diese Zeit etwa in der punktirten elliptisch gekrümmten Richtung O W nach der südlichen Hälfte geneigt. Wenn nun keine besondere heifseste Seite vorhanden wäre, so müfste die Sonne (in Folge ihrer Rotation) ihre heifseste Zone am Aequator haben; also wäre demnach zu erwarten, dafs der Punkt + 10 in der Richtung — 30° eine gröfsere Wärme liefern müfste als der Punkt — 10 in + 30°. *Die Resultate der Messung geben dieses aber nicht, sondern sie zeigen wirklich nach der erwarteten östlichen Richtung a hin die gröfste Wärme, also die heifseste Sonnenseite,* wie aus nachstehender Tabelle näher zu entnehmen ist.

Bei den früheren Beobachtungen dieser Art war für jede Erwärmungszeit 5 Minuten, bei den nachstehenden Beobachtungen sind 10 Minuten genommen. Künftig sollen aber wieder 5 Minuten darauf verwendet werden, weil die gröfste Thermometererhöhung in den ersten 5 Minuten erfolgt, und damit in derselben günstigen Tageszeit mehr vergleichbare Beobachtungen zu vollenden möglich ist.

1) Es soll nämlich an einem günstigen Tage, wenn + ⊙ und — ⊙ wieder an den Sonnenrändern eintreffen, das Sonnenbild auf den um 3 Theile *excentrisch gezeichneten Kreis* (Fig. 18) eingestellt werden, so dafs die 5theilige Löcherreihe in eine Zône etwa 11° nördlich vom Aequator *gh* parallel mit demselben zu liegen kommt, unter welcher Zone der heifseste Punkt zunächst befindlich seyn könnte.

Beobachtungs- und Rechnungs-Tabelle.

1853. Juli 9.

Nummer der Beobachtungen.	Sonnen-Zeit: Stunden.	Sonnen-Zeit: Minuten. Anfang	Sonnen-Zeit: Minuten. Ende	Temp. d. Luft im Schatten u. in der Schutzkapsel.	Thermometerstand im Sonnenbilde *vor* der Beobachtung.	Thermometerstand im Sonnenbilde *nach* der Beobachtung.	In d. *Axe* vom Mittelpunkte. Millimeter Süd −	In d. *Axe* vom Mittelpunkte. Millimeter Nord +	Im *Aequator*, oder unter diesem ∠, nämlich vom Mittelpunkte nach Millimet. Ost −	W. +	Süd −∠	Nord +∠	Besondere Bemerkungen bei den Beobachtungen, Windrichtung u. s. w.	Berechnungen aus vorstehenden Beobachtungen. Untersch. d. Thermometerstände.	Abkühlung in derselben Zeit.	Summe als ganze Erwärmung $= w^0$.	Sonnenhöhen im Horizonte $= 0^0$. Anfang.	Ende.	Mittel $= \angle v$.	Reduct. auf senkrechte Durchstrahlung der Atmosp. $= x$ als *proportionale Strahlenwärme* von den verschiedenen Sonnenpunkten.
	Morgens			Cels.	Cels.	Cels.								Cels.	Cels.	Cels.				Cels.
1.	10	20 bis	30	29°,8	32°,5	38°,8			−15			+30°	Windstill, Fahne S, Himmel klar, aber etwas hell-grau-blau dunstig.	6°,3	5°,4	11°,7	56°,3	57°,2	56°,7	15°,38
				31 ,5																
		bis	40	31 ,6	zu =	33 ,4														
2.	10	40 bis	50	31 ,4	33 ,4	38 ,2				+15	−30°		Sanfter Wind.	4 ,8	4 ,3	9 ,1	58 ,1	59 ,0	58 ,5	11 ,89
	bis 11		0		zu =	33 ,5														
3.	11	0 bis	10	31 ,5	33 ,5	40 ,3				+10	−30°		Bewegung der Blätter, sonst ruhige Luft wie oben.	6 ,8	6 ,2	13 ,0	59 ,8	60 ,5	60 ,1	16 ,89
		bis	20	32 ,0	zu =	34 ,1														
4.	11	20 bis	30	32 ,5	34 ,1	42 ,3			−10			+30°	Wie vorstehend.	8 ,2	7 ,8	16 ,0	61 ,0	61 ,5	61 ,3	20 ,72
		bis	40	33 ,3	zu =	34 ,5														
							Im Mittelpunkte des Bildes:													
5.	11	40 bis	50	32 ,5	34 ,5	41 ,9	0	0	0	0	0	0	Leichter Wind u. einzelne kleine weiße Cirrus aus S.S.W. *unter* d. Sonne. Bei No. 5 aber gingen einzelne Cirrus etwa 2 Minuten lang *vor* der Sonne vorbei; auch einige kühle Windstöße waren sehr bemerklich, wie auch die plötzlich wieder abnehmende Lufttemperatur zeigt.	7 ,4	7 ,4	14 ,8	61 ,8	62 ,0	61 ,9	19 ,14 *)
	bis 12		0	32 ,5	zu =	34 ,5														

*) Dieser Werth sub No 5 ist also durch die Störungen zu klein ausgefallen, und mit No. 1 bis 4 nicht vergleichbar:

In Betreff der Reduction des Werthes w auf den Werth X dient folgende Erklärung.

Nach den ersten Pyrheliometer-Messungen von 1850 Juni 25 ist (in 100 Gramm Maafswasser von 25 □-Centimeter Strahlenquerschnitt pro 10 Minuten) die ganze Wärmemenge $W = 9^\circ{,}437$ Cels. in der Erdferne jener Zeit. Davon ist die atmosphärische Wärmeabsorption im eingebildeten senkrechten Durchgange der Strahlen $x = 1^\circ{,}9$. Demnach erhalten wir für eine vergleichbare Wärmegröfse, zu jeder Tageszeit, einen unentbehrlichen Coëfficienten

$$f = \frac{1{,}9}{9{,}437} = 0{,}201335$$

wofür annähernd $f = 0{,}2$ anzunehmen ist; so dafs im senkrechten Durchgange durch die Atmosphäre von der ganzen Strahlenwärme W

$$f \,.\, W = 0{,}2 \,.\, W$$

absorbirt wird.

Dieses giebt für die wirkliche absorbirte Wärme unter jeden vorkommenden Neigungswinkel v den Werth $W' = f \,.\, \text{cosecante}\, v \,.\, W$ [1]).

Setzt man statt W unseren obigen unbekannten Werth X, als constanten Werth jedes Sonnenpunktes für den Tag, aber verschieden für die verschiedenen Sonnenpunkte, und die zugehörigen gefundenen Werthe $w = X - W'$, so wird

$$X = \frac{w}{1 - f.\text{cosec}.\, v}.$$

Eine Gleichung zur Reduction jener Werthe w auf die eingebildeten senkrechten Werthe X, welche den strahlenden Wärmegröfsen von den verschiedenen Sonnenpunkten proportional, also vergleichbar sind.

Die zur Ermittelung des Coëfficienten f benutzten Beobachtungen sind unter allen mir bisher möglich gewesenen (d. h. mit dem ersten Pyrheliometer für die ganze Sonnen-

1) Es ist hierbei kurz zu bemerken, dafs die Strahlenbrechung sehr nahe durch den Bogen der Erdoberfläche ausgeglichen wird, also unbeachtet bleiben kann.

wärme) die besten — und der dazu benutzte Tag trifft sehr nahe mit dem mittleren Wärmepunkte (⨀) der Sonne zusammen, indem dieser (1850 Juni 25) etwa 3,8 Tage *nach* dem die Seite mit der *geringsten*, und etwa 5 Tage *vor* dem die Seite mit der *gröfsten Hitze* der Erde zugekehrt war. Es war also der Beobachtungstag nur $\frac{5-3,8}{2} = 0,6$ Tag von dem mittleren Wärmepunkte (⨀) entfernt; so dafs der Coëfficient f als Mittelwerth zu dergleichen Berechnungen, wie auch aberhaupt der ganze Werth W als Mittelwerth, benutzt werden kann.

Das hier sub 10 gewonnene Resultat vom Werthe X zeigt nun von den zuverlässigen Beobachtungen die zu vergleichenden Wärmegröfsen

No. 1, $= 15^\circ,38$ an der heifsesten Sonnenseite;

und No. 2, $= 11^\circ,89$ an der entgegengesetzten Seite zunächst an dem Sonnenrande.

Desgleichen No. 4, $= 20^\circ,72$ nach der heifsesten Seite, nur 10 Theile vom Mittelpunkte;

und desgl. No. 3, $= 16^\circ,89$ (mit jenen übereinstimmend) ebenfalls in derselben Richtungslinie nach der entgegengesetzten Seite: Diese nämlich gegen die Richtung *a*, welche die Zone der meisten und gröfsten Sonnenflecke zwischen — 15 und — 10 durchschneidet, wo ich den heifsesten Punkt erwartete.

Meine viel früheren zuvor angedeuteten Vermuthungen über eine gröfsere Hitze am Aequator als an den Polen veranlafsten meine Projecte zu einem geeigneten zweiten Pyrheliometer mit dem Sonnenbilde, und gründeten sich auf meine ersteren Wärmemessungen von der ganzen Sonnenstrahlung, welche (wenn sie mir auch noch nicht als genau genug zur Veröffentlichung genügten) zu vorläufigen Berechnungen dienten, die mir den Weg zu solchen Vermuthungen zeigten, und die Veranlassung zu einer bildlichen Darstellung von einer den *Sonnenkörper voreilend rotirenden Sonnenatmosphäre gaben*. Sie mufs etwa in 10 bis 20 Sonnenradien Höhe (gegen den Aequator am höch-

sten) über der leuchtenden Oberfläche ihre *gröfste Dichtigkeit, und nach unten wie nach oben eine geringere Dichtigkeit besitzen* [1]).

Diese Zeichnung hatte ich bei gelegentlicher Unterredung mit dem Astronomen Hrn. J. F. J. Schmidt über die letzte von ihm beobachtete totale Sonnenfinsternifs demselben gezeigt, welcher sich beim Lesen der Nachricht über die Wärmemessungen vom Hrn. Professor etc. Secchi 1852 Mai 8 »unwillkürlich meiner Zeichnung über die Gestalt und Extension der Sonnenatmosphäre erinnerte«, und mir kurz das damit übereinstimmende Resultat jener Messung brieflich (1853 Jan. 27) mittheilte: »wie von Nord nach Süd vom Mittelpunkte gemessen,

+ 15′; + 11′,3; + 3′,0; + 1′,3; — 10′,9; — 14′,9;

die relative Wärme-Intensität

= 57°,4, 88°,8; 100°,0; 99°,5; 81°,3; 54°,3

sey.«

Im weiteren Verfolge ähnlicher Messungen ist nun die nähere Aufklärung über den heifsesten Sonnenpunkt zu erwarten, oder es ist die Bestimmung des Hrn. Dr. Buys-Ballot und meine Vermuthung über den heifsesten Punkt in der bezeichneten nördlichen Zone nur noch vollständiger zu bestätigen, — woran ich nicht mehr zweifeln kann, indem schon (bei weniger genauen Messungen), während die heifseste Seite (Juni 28) sehr nahe entgegengesetzt oder westlich in der nördlichen Zone befindlich war, ein gleichbedeutendes Resultat gefunden ist.

(Die ausführlicheren Fortsetzungen werden folgen.)

1) Diese Andeutung wird nicht allein ganz neu, sondern auch fabelhaft erscheinen; meine späteren Nachweisungen werden dieses Resultat aber verständlich herausstellen.

III. *Ueber das Verhalten des Schwefelarseniks gegen kohlensaures Alkali; von Heinrich Rose.*

Ehe das Cyankalium als Reductionsmittel des Schwefelarseniks angewandt wurde, pflegte man aus demselben nach Berzelius Vorschlag das Arsenik auf die Weise metallisch abzuscheiden, dafs man es mit kohlensaurem Natron mengte, und das Gemenge in einer Glasröhre in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas erhitzte. Es setzte sich dann metallisches Arsenik in dem kälteren Theile der Röhre ab.

Berzelius war der Meinung, dafs sich hierbei ein Arseniksulphidsalz bilde, welches sich in ein Wasserstoffsulphidsalz verwandele [1]). Das ist indessen nicht der Fall. Man erhält auch metallisches Arsenik, wenn man das Schwefelarsenik As S^3 mit kohlensaurem Natron gemengt, in einer kleinen Glasröhre zusammenschmelzt, ohne dabei einen Wasserstoffgasstrom zu benutzen. Auch bedient man sich schon seit sehr langer Zeit, wenn man schnell einen Arsenikgehalt in einer kleinen Menge von Schwefelarsenik nachweisen will, der Methode, dafs man dasselbe mit kohlensaurem Natron gemengt in der Löthrohrflamme auf Kohle schmelzt, wobei sich der bekannte Arsenikgeruch zeigt.

Ich habe mehrere Versuche angestellt um auszumitteln, welche Zersetzungen hierbei vor sich gehen.

Wird Schwefelarsenik As S^3 mit einem feuerbeständigen kohlensauren Alkali geschmolzen, so erhält man eine braune Masse, welche beim Erkalten fast weifs wird. Um die Masse des Porcellantiegels oder des Glases so wenig wie möglich anzugreifen, wurde zum Schmelzen bei diesem und den folgenden Versuchen das bekannte Gemenge gleicher Atomgewichte von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron angewandt, welches schon bei niedriger Temperatur schmilzt. Die Lösung der geschmolzenen Masse in Wasser war klar, nur manchmal blieb eine sehr geringe Menge eines

1) Berzelius Lehrbuch, 4. Aufl. Bd. 3, S. 76.

schwarzen Pulvers ungelöst, das aus Arsenik bestand, welches sich nicht ganz vollständig verflüchtigt hatte. Nachdem die Lösung mit Ammoniak versetzt worden war, wurde durch salpetersaures Silberoxyd Schwefelsilber gefällt. Die von demselben getrennte Flüssigkeit, mit Salpetersäure gesättigt, liefs braunes arseniksaures Silberoxyd fallen.

Beim Schmelzen des Schwefelarseniks $As S^3$ bildet sich also ein Schwefelsalz desselben mit dem alkalischen Schwefelmetall, in welchem aber das Schwefelarsenik $As S^3$ in die Schwefelverbindung $As S^5$ unter Abscheidung von metallischem Arsenik verwandelt worden ist. Aus 5 At. $As S^3$ bilden sich 3 At. $As S^5$, während 2 At. metallisches Arsenik entweichen. Es geschieht diefs in Folge einer prädisponirenden Verwandtschaft, indem das Sulphid $As S^5$ eine gröfsere Verwandtschaft hat sich mit dem alkalischen Schwefelmetalle zu einem Schwefelsalze zu verbinden, als $As S^3$. Das höchste Sulphid des Arseniks zersetzt sich durch das kohlensaure Alkali in ein Schwefelsalz, und in arseniksaures Natron. Wird nach dem Schmelzen die Lösung der geschmolzenen Masse mit Ammoniak und darauf mit salpetersaurem Silberoxyd behandelt, so wird nur Schwefelsilber gefällt, und es löst sich arseniksaures Silberoxyd auf, welches aus dem arseniksauren Natron der geschmolzenen Masse, und durch Auflösung des im Schwefelsalze enthaltenen Sulphids $As S^5$ in Ammoniak sich gebildet hatte. — Es erzeugt sich hierbei kein arsenichtsaures Silberoxyd, wenigstens nicht wenn das Schwefelarsenik $As S^3$ vollständig mit dem kohlensauren Alkali zusammengeschmolzen war.

Schmelzt man das Schwefelarsenik $As S^3$ mit einem Gemenge von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in einer Kugelröhre in einem Wasserstoffgasstrome, so erhält man einen starken Spiegel von metallischem Arsenik. Die Masse ist während des Schmelzens braun, nach dem Erkalten lichter von Farbe, fast weifs; aber sie enthält noch viel Arsenik, so dafs auf diese Weise nur ein etwas gröfserer Theil desselben aus dem Gemenge verjagt worden ist, als durch das blofse Schmelzen mit kohlensaurem Alkali,

ohne Einwirkung von Wasserstoffgas. Die wäfsrige Lösung mit Ammoniak und mit salpetersaurem Silberoxyd behandelt, giebt, nachdem das Schwefelsilber abfiltrirt worden, eine Lösung, welche sowohl arsenichtsaures als auch arseniksaures Silberoxyd enthält.

Man kann sich von der Gegenwart beider Silberoxydsalze, des arsenichtsauren und des arseniksauren, in einer ammoniakalischen Lösung überzeugen, wenn man zu derselben vorsichtig Salpetersäure hinzufügt. Es fällt zuerst der gelbe Niederschlag des arsenichtsauren Silberoxyds, und dann der braune des arseniksauren Salzes. Der Niederschlag beider Silberoxydsalze ist immer braun, selbst wenn in der Mengung das arsenichtsaure Silberoxyd vorwaltet. Ist die Mengung durch Salpetersäure gelöst worden, so fällt durch vorsichtiges Hinzusetzen von Ammoniak ein brauner Niederschlag, der aber gelb wird, wenn eine geringe Menge des Ammoniaks mehr hinzugefügt worden ist.

Das Schwefelarsenik $As S^5$, wenn es mit einem alkalischen Schwefelmetall zu einem Schwefelsalze verbunden ist, wird durchs Erhitzen in einem Strome von Wasserstoffgas nicht verändert. Denn in den alkalischen Schwefelsalzen des Arseniks wird das Schwefelarsenik durch Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur nicht angegriffen. Wurde Schwefelarsenik $As S^3$ mit einem Gemenge von Schwefel und von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in einer Kugelröhre in einem Strome von Wasserstoffgas geschmolzen, so verflüchtigte sich nur der überschüssige Schwefel aber keine Spur von Arsenik; das in letzterem Falle abgeleitete Wasserstoffgas war so rein von Arsenik und von Arsenik-Wasserstoffgas, dafs, nachdem es angezündet worden, keine Arsenikflecke auf weifsem Porcellan hervorgebracht werden konnten.

Der Grund, weshalb nach dem Schmelzen von Schwefelarsenik $As S^3$ und von kohlensaurem Alkali in einem Strome von Wasserstoffgas nach der Behandlung der geschmolzenen Masse mit Ammoniak und salpetersaurem Silberoxyd sich neben dem arseniksauren Silberoxyd auch arsenichtsau-

res Silberoxyd zeigt, während, wenn das Gemenge im Porcellantiegel oder in der Glasröhre und nicht in einem Strome von Wasserstoffgas geschmolzen wird, diefs nicht der Fall ist und nur arseniksaures Silberoxyd erhalten wird, ist der, dafs das in der geschmolzenen Masse enthaltene arseniksaure Alkali durch das Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur zersetzt wird. Wird wasserfreies arseniksaures Natron in einem Strome von Wasserstoffgas erhitzt, so verflüchtigt sich sehr viel metallisches Arsenik, das sich als ein starker Metallspiegel an den kälteren Stellen der Glasröhre absetzt. Das weggehende Wasserstoffgas enthält aber kein Arsenikwasserstoffgas, sondern nur Spuren von Arsenikdampf; es bildet daher angezündet keine oder äufserst schwache Arsenikflecke auf weifsem Porcellan. Das arseniksaure Salz schwärzt sich zuerst, wird aber durch längeres Erhitzen wieder weifs. Nachdem der Versuch längere Zeit fortgesetzt worden war, wurden die ganz weifsen Stücke des zersetzten arseniksauren Natrons untersucht. Die Lösung derselben im Wasser bläute stark das Lackmuspapier, und gab mit salpetersaurem Silberoxyd einen braunen Niederschlag, der aber aus einer Mengung von arseniksaurem und von arsenichtsaurem Silberoxyd bestand.

Würde der Versuch weiter fortgesetzt worden seyn, so hätte man noch mehr Arsenik aus dem Salze austreiben können. Soubeiran hat das arseniksaure Natron durchs Erhitzen in einem Strome von Wasserstoffgas in Natronhydrat verwandelt [1]).

Wird das Schwefelarsenik $As\,S^5$ mit einem Gemenge von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in einem Glaskölbchen geschmolzen, so erhält man kein Sublimat, und es bildet sich kein Spiegel von metallischem Arsenik. Es erzeugt sich neben arseniksaurem Alkali das Schwefelsalz des höchsten Arseniksulphids mit dem alkalischen Schwefelmetall.

Schmelzt man hingegen das Schwefelarsenik $As\,S^5$ mit

1) C. Gmelins Handbuch, 4. Aufl. Bd. II, S. 720.

dem kohlensauren Alkali in einem Strome von Wasserstoffgas, so bildet sich ein starker Spiegel von sublimirtem metallischen Arsenik. Während das durchs Schmelzen gebildete Schwefelsalz des Arseniks im Strome des Wasserstoffgases unzersetzt bleibt, wird das entstandene arseniksaure Alkali reducirt, und es sublimirt sich metallisches Arsenik.

Nicht blofs vermittelst des Wasserstoffgases kann aus einer Mengung von kohlensaurem Alkali und dem Schwefelarsenik AsS^5 ein Theil des Arseniks metallisch abgeschieden werden, sondern auch vermittelst Kohlenpulvers, das aus dem arseniksauren Alkali das Arsenik wie das Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur reducirt. Die Anwendung desselben ist leichter und bequemer, da man das Gemenge nur in einem kleinen Glaskölbchen zu erhitzen braucht.

Durchs Schmelzen des Schwefelarseniks mit kohlensaurem Alkali in einem kleinen Glaskölbchen kann man daher die beiden Arten des Schwefelarseniks $As S^3$ und $As S^5$, welche so viele Aehnlichkeit in der Farbe, in den Eigenschaften und in dem Verhalten gegen Reagentien zeigen, leicht und sicher von einander unterscheiden. Ersteres giebt dabei einen Spiegel von Arsenik, letzteres nicht. Ich kenne keine Methode, durch welche besser und schneller beide Schwefelverbindungen erkannt werden könnten. Das Verfahren, dessen ich mich bis jetzt bedient habe, bestand darin, dafs ich das Schwefelarsenik in Ammoniak löste, und die Auflösung mit salpetersaurem Silberoxyd im Ueberschufs versetzte; nach Absonderung des entstandenen Schwefelsilbers, und Sättigung der filtrirten Flüssigkeit vermittelst Salpetersäure erhält man einen gelben Niederschlag von arsenichtsaurem Silberoxyd, wenn $As S^3$, eine braune Fällung hingegen von arseniksaurem Silberoxyd, wenn $As S^5$ angewandt worden war. Es ist indessen zu bemerken, dafs wenn das Schwefelarsenik $As S^3$ mit Schwefel gemengt wird, man nach dieser Behandlung einen braunen Niederschlag von arseniksaurem Silberoxyd er-

hält, und auch keinen Spiegel von metallischem Arsenik darstellen kann, wenn man das Gemenge in einem Glaskölbchen mit kohlensaurem Alkali schmelzt.

Während daher das kohlensaure Alkali nur aus dem Schwefelarsenik AsS^3 durchs Schmelzen einen Theil des Arseniks metallisch auszuscheiden vermag, und nicht aus AsS^5, kann das Cyankalium, wegen Bildung von Rhodankalium aus beiden Arten des Schwefelarseniks durchs Schmelzen Arsenik absondern [1]).

IV. *Experimentelle physikalische Mittheilungen; von Dr. Otto Seyffer zu Tübingen.*

a) Ueber Lichtpolarisation.

Bei einer gröfseren Anzahl geglühter und nachher schnell abgekühlter Glasstücke, welche ich zum Vorzeigen der bekannten von Brewster und Seebeck entdeckten farbigen Polarisationserscheinungen in meinen Vorlesungen benutze, beobachtete ich merkwürdige Eigenschaften. Hält man dieselben nämlich in freier Luft so, dafs das auf dieselben fallende Licht reflectirt wird, die Oberflächen also eine spiegelnde Fläche bilden, so kommen dieselben schwarzen Kreuze mit den Pfauenaugen und Farbenringen zum Vorschein, wie wenn die Glasstücke in einen Polarisationsapparat gebracht werden, ohne dafs also ein künstlich polarisirter Lichtstrahl darauf fällt und sie mit dem sogenannten analysirenden Mittel betrachtet werden. Diese Erscheinung war mir um so auffallender, als ich weder finden konnte, dafs sie schon vorher von einem der vielen Kenner der Polarisationserscheinungen wahrgenommen worden war, noch dafs blofs einzelne dieser Glasstücke,

1) Pogg. Ann. Bd. 90, S. 195.

vielmehr alle ohne Ausnahme das Farbenbild, jedoch in gröfserer oder geringerer Intensität zeigten.

Die Farbenerscheinungen treten bei jeder Witterung ein, bei reinem und unbewölktem Himmel; sie erreichen aber nur eine ähnliche Intensität wie im Polarisationsapparat, wenn die Luft schön blau und klar erscheint, besonders des Abends bei untergehender Sonne. Bei bewölktem Himmel sind sie ziemlich schwach, bei vollständig trüber und regnerischer Witterung kommen nur Spuren zum Vorschein. Das Farbenbild wird nie wahrgenommen, wenn ein Sonnenstrahl auf das Glas fällt, ebenso wenig, wenn der Hintergrund, den man durch das Glas erblickt, von der Sonne beschienen wird. Ist dieser aber gelb, blau, roth u. s. w., so thut dieses den Farbenringen wenig Eintrag, dieselben treten jedoch am schönsten hervor, wenn er grau oder weifs ist. An den hellen September- und Octoberabenden des Jahres 1849 machte ich die Wahrnehmung zum ersten Mal und seitdem war die Intensität der Farben nie mehr so bedeutend.

Da sich die Glasstücke, welche die Erscheinung besonders schön und auffallend zeigen, wegen ihrer Kleinheit durch die Hand, ohne beschmutzt zu werden, nicht sehr gut drehen und in die gehörige Richtung stellen lassen, so habe ich zur geeigneten Wahrnehmung derselben ein kleines Gestell eingerichtet, durch welches man sowohl die Ebene der Glasstücke in einen beliebigen Neigungswinkel stellen kann, damit sie eine spiegelnde Fläche bilden, als auch dieselben selbst unter allen beliebigen Winkeln drehen kann.

Dasselbe besteht aus einem kleinen Ständer Taf. III, Fig. 9, wie man ihn zur Aufstellung von Prismen manchmal verwendet mit einem durch ein Kugelgewinde *a* beweglichen Arm. Dieser Arm trägt an seinem Ende einen Metallring *de* mit einer Eintheilung von 90°. In diesen Ring pafst ein zweiter *bc* übergreifend ein und kann in dem ersten um jeden beliebigen Winkel gedreht werden, den dann ein kleiner Strich *gh* angiebt. In diesem Ring

ist durch einen viereckigen Aufschnitt *f* das Glasstück befestigt, wie dieses geschieht, weist Fig. 10 nach; sie ist die Rückseite der beiden in einander passenden Ringe. Das Glasstück *g* wird in die viereckige Oeffnung gelegt und dann die zwei durch Schrauben fest anliegende Riegel *cd* gegen dasselbe geschoben, so dafs es sich nicht hin und her bewegen kann; der kleinere Ring *cd* wird nun von oben in den gröfseren *ab* gelegt und dann die zwei Riegelchen *ef* vorgeschoben, damit er bei der Drehung in der Kugelwindung nicht nach oben herausfallen kann. Fig. 11 ist der Durchschnitt der beiden Ringe und des Glasstückes, wie sie in einander liegen, *ab* der äufsere, *cd* der innere Ring, *e* das Glasstück und *f* und *g* die beiden Riegel, welche das Glasstück an seinem Rande festhalten.

Wird nun das Gestell auf einen Tisch gebracht und der Arm, welcher den Ring und das Glasstück trägt, so gestellt, dafs die Fläche des letzteren eine spiegelnde ist, so sieht man in einer gewissen Entfernung, je nach der Stärke des Auges, indem man von oben herabschaut, sogleich die farbigen Bilder; wird nun der Ring, in welchem das Glasstück befestigt ist, um 45° gedreht, so verschwindet nach und nach das Farbenbild gänzlich, kommt bei 90° wieder zum Vorschein, verschwindet wieder bei 135, 225, 315 und zeigt sich bei 180, 270 und 360 Graden, gerade wie im Polarisationsapparate uud wie es dünne, mit der Krystallisationsaxe parallel geschnittene Gypsplättchen zeigen. Bei verschiedenen künstlichen Beleuchtungen, wie z. B. durch Kalklicht, habe ich die Erscheinung nicht wahrnehmen können.

Die Erklärung dieser Erscheinung hat ihre besondere Schwierigkeit; die Grundlage ist allein in dem polarisirten Lichte, welches durch die Luft, die Wolken u. s. w. reflectirt wird, zu suchen; meine Untersuchungen darüber sind noch nicht weiter gediehen, auch hatte ich keine Zeit, die Bedingungen, unter welchen sie eintritt, der Rechnung zu unterwerfen. Das Gestell mit den Glasstücken ist wohl

der einfachste Polarisationsapparat und letztere können vielleicht dazu dienen, die Stärke der Polarisation des in der Atmosphäre reflectirten Sonnenlichtes zu bestimmen, da je nach der Klarheit derselben die Farbenbilder einen so auffallenden Unterschied zeigen. Merkwürdige Erscheinungen, welche bei der Reflection eines Sonnenbildes von solchen gehärteten Glasstücken stattfinden und die ich mit einem Fernrohre im Spiegel betrachtete, werde ich bekannt machen, sowie ich sie näher untersucht habe.

b) **Einfacher Apparat zur Anstellung der Plateau'schen Versuche mit einer der Erdschwere entzogenen Oelmasse.**

Die Versuche Plateau's über die Rotation einer der Erdschwere entzogenen Oelmasse, welche derselbe im Jahr 1846 in dem XVI. Bande der *Mémoires prés. à l'acad. roy. de Bruxelles* bekannt machte [1]), sind von wenigen Physikern wiederholt worden, während sie wohl zu den interessantesten Entdeckungen gerechnet werden könnten, welche in den letzten Jahren geschahen. Der Versuch ist ein doppelt schwieriger, einestheils wegen Herstellung eines geeigneten Apparates, anderntheils wegen der Mischung der weingeistigen Flüssigkeit und der Eingiefsung des Oels; ferner bringt der Umstand, dafs sich bei länger fortgesetzter Rotation die Oelmasse in unzählig kleine Oelkugeln vertheilt, vielfache Hindernisse für die augenblickliche Fortsetzung der Versuche mit sich. Ich habe gesucht, den Apparat zur Anstellung dieser Versuche so einfach als möglich herzustellen; ich verwendete dazu einen quadratischen Kasten von Spiegelglas, dessen Scheiben in messingene Rahmen eingeschraubt und mit gewöhnlichem Glaserkitt nach Innen eingekittet sind. Die obere Scheibe *ab* (Taf. III, Fig. 12) hat in der Mitte eine runde Oeffnung *c* zur Einbringung der Flüssigkeit, die mit einem fest aufliegenden Deckel geschlossen werden kann. Nach unten ist der Kasten durch die Messingplatte *de* verschlossen und nur in der Mitte bei *f* befindet sich eine kleine Oeffnung. Der ganze Kasten

1) S. Ann. Ergänzbd. II, S. 249.

wird nun auf eine Nearne'sche Schwungmaschine so aufgesetzt, dafs durch die Oeffnung *f* die Spindel dieser Maschine in den Kasten hineinragt. Die drei starken Messingstäbe *gh*, *i* und *kl* passen in Löcher ein, welche in das Gestell der Schwungmaschine gebohrt werden, um dem Ganzen eine feste Stellung zu geben. Damit neben der bei *f* in den Kasten hineinragenden Spindel keine Flüssigkeit ablaufen könne, geht dieselbe durch eine mit Leder ausgefütterte Stopfbüchse *mn*, und unten bei *o* befindet sich die kleine Rolle der Schwungmaschine. Um nun die Versuche anzustellen, wird der Kasten auf die Schwungmaschine aufgesetzt, mit der vorher ihrem specifischen Gewichte nach genau bestimmten Weingeist-Wassermischung gefüllt, alsdann wird das an der Axe *pq* befindliche Scheibchen *r* von oben durch die Oeffnung in eine kleine Vertiefung der hervorragenden Spindel *f* gesteckt und die Oelmasse mittelst eines Metallstäbchens sehr langsam und vorsichtig so eingegossen, dafs sie sogleich an dem Scheibchen adhärirt. Hält man nun die in der Stopfbüchse sich drehende Spindel gut eingeölt, so gelingen durch Umdrehung der grofsen Rolle der Schwungmaschine die Versuche sehr leicht. Auch das Einbringen von Scheibchen von verschiedener Gröfse unterliegt durchaus keiner Schwierigkeit, man nimmt nur den Deckel *c* ab, zieht das Scheibchen an seiner Axe heraus und steckt ein neues an seine Stelle in die Oeffnung der Spindel.

Alle von Plateau angestellten Versuche gelingen mit dieser Einrichtung aufs Vollkommenste, besonders schön gelang mir mit einer 5 Centim. breiten Scheibe die Zertheilung des Ringes in gröfsere rotirende Kugeln, um die sich wieder kleinere, beinahe wie Satelliten bewegten. Mehrmals gelang es mir auch, einen doppelten Ring durch die Rotation dieser Scheibe herzustellen, derselbe stellte sich dar wie Fig. 13 zeigt; doch konnte ich vieler darüber angestellten Versuchen ungeachtet die Bedingungen nicht auffinden, unter denen diese Erscheinung eintritt. Wird die Rotation der Oelmasse noch sehr lange fortgesetzt, wenn

sich schon der Ring in Kugeln zertheilt hat, so bildet nach und nach das Oel eine ungemein grofse Masse von gröfseren Oelkugeln, 1 — 2 Centim. im Durchmesser bis zu den kleinsten, kaum sichtbaren, die sich alle in der Weingeistmischnng bewegen. Anstatt Olivenöl, das sich allzuleicht in eine grofse Menge von kleinen Kugeln zertheilt, verwendete ich feines Knochenöl, wie ich es zum Einschmieren meiner Luftpumpen verwende; dasselbe bildet eine weit mehr zusammenhängende Masse, die, wenn sie sich vertheilt hat, sehr leicht wieder vermöge eines kleinen Metallstabes in eine Kugel vereinigt werden kann.

Wenn die ganze Vorrichtung nicht mehr gebraucht werden soll, so kann man den Kasten von der Schwungmaschine abheben und lange Zeit hindurch gefüllt stehen lassen. Damit nun durch die Oeffnung der Stopfbüchse keine Flüssigkeit ablaufe, hebt man zuerst den ganzen Kasten etwas in die Höhe, zieht die Scheibe heraus und steckt in die Oeffnung den Schlüssel Fig. 14, in welchen unten eine Schraubenwindung eingeschnitten ist, die Flüssigkeit ist dadurch von der atmosphärischen Luft vollkommen abgeschlossen und läfst sich so Jahre lang erhalten.

Will man je die Ergebnisse der Versuche, welche man mit diesem Apparate anstellen kann, mit den Erscheinungen an den Himmelskörpern in Vergleichung ziehen, so liefsen sich schöne und wohl zu rechtfertigende Hypothesen über die Bildung derselben aufstellen. Denkt man sich die Weltkörper ursprünglich als flüssige Massen, auf welche noch keine andere anziehende Kraft, als die Cohäsion wirkte, und nimmt man an, diese Massen seyen durch eine rasch auf sie einwirkende Kraft in Rotation versetzt worden, also die ähnlichen Bedingungen, unter welchen sich die Oelmasse in der Weingeist-Wassermischung befindet, so kann sich aus dieser flüssigen Masse zuerst eine abgeplattete Kugel gebildet haben, von deren Aequator sich ein Ring losrifs, dieser Ring löste sich in Kugeln von verschiedener Gröfse auf, an die sich wiederum theilweise kleine Kugeln anlegten. Man hätte so die Bildung eines

ganzen Planetensystems. Die Zertheilung der Oelkugel in unendlich viele gröſsere und kleinere Kugeln würde vielleicht mit den Nebenflecken Aehnlichkeit haben, unter denen überhaupt Gestalten vorkommen, die auf Ringformen hinweisen. Dieses sind jedoch lauter Hypothesen, auf welche ich mich nicht näher einlassen will und kann [1]).

c) Versuche über Dampfelektricität.

Seit Armstrong die Elektricitätsentwicklung durch Wasserdampf erstmals bekannt gemacht und Faraday hierauf seine Dampfelektrisirmaschine begründet hatte, sind eine Menge von widersprechenden Thatsachen und Angaben darüber gemacht worden. Hievon führe ich insbesondere die Angabe von Faraday an, die er auf Versuche an seiner Hydroelektrisirmaschine gründete: daſs, wenn kein Gefäſs mit Wasser vorhanden sey, durch welches der Dampf strömen könne, keine Elektricität entwickelt werde, wenn aber das Gefäſs, durch welches der Dampf ströme, soweit mit Wasser gefüllt sey, daſs Wasser durch den Dampf mit fortgerissen werde, eine Fülle von Elektricität erscheine.

Um hierüber weitere Versuche anzustellen, habe ich mir an meinem Papin'schen Topf eine Einrichtung zur Entwicklung der Dampfelektricität treffen lassen, die alle meine Erwartungen übertraf, weshalb ich vorläufig diese Einrichtung zur Kenntniſs bringe. Der Papin'sche Topf hat eine Höhe von 15 und einen Durchmesser von 13 Centm. und ist von starkem Kupferblech gefertigt. Das Ventil ist oben mit einem $\frac{1}{4}$ Pfund-Gewicht beschwert. An diesem sehr kleinen Dampfkessel brachte ich ein rechtwinklig gebogenes Rohr von 15 Centm. Höhe an (*abc* Fig. 15), das bei *d* durch einen Hahn verschlossen werden kann. An die

1) Hr Mechanikus Seeger in Stuttgart fertigt um billigen Preis die ganze von mir angegebene Einrichtung zur Herstellung der Plateau'schen Versuche und paſst sie den zu vielen anderen Versuchen nothwendigen Schwungmaschinen an.

die Mündung dieser Röhre bei *c* wird eine Oeffnung *ce* zum Ausströmen des Dampfes gesteckt, welche in Fig. 16 vergröfsert im Durchschnitte dargestellt ist. Wird nämlich der Hahn *d* geöffnet, so strömt der Dampf des Kessels durch die rechtwinklig gebogene Röhre *abc* nach *a* Fig. 16, gelangt dort durch eine schiefe Bohrung nach *b*, stöfst sich dort an der Wandung und durchläuft so nach einander *c d* und *e*, bis er bei der Mündung *f* ausströmen kann. Diese Mündung ist wie die Röhre *abc* Fig. 15 von Messing gearbeitet, im Innern aber von *bcde* bis nach *f* Fig. 16 mit Holz ausgefüttert. Nachdem sich nun der Dampf an diesen Holzstücken stark gerieben hat, strömt er durch *f* nach dem auf einer Glassäule ruhenden Conductor Fig. 17, der eine Länge von 25 Centm. hat, und stöfst sich bei *a* auf einen Ring von Messing, der keine Saugspitzen hat, vielmehr nur ein grobes Drahtgitter von 5 Centm. Durchmesser einschliefst.

Ich versuchte die verschiedensten Ausströmmündungen und fand diese von der gröfsten Wirkung; ebenso brachte ich an dem Conductor sehr verschiedene Auffangvorrichtungen mit Saugspitzen und Drahtgittern an, die mit Saugspitzen versehen waren; stets zeigte sich aber dieses einfache Drahtgitter am wirksamsten.

Die Effecte nun, die ich mit diesem kleinen und einfachen Apparat erzielte, sind folgende. Bei der Spannung des Dampfes von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, welche ich an einem oben an dem Papin'schen Topfe angebrachten Manometer mafs, zeigten sich die ersten Spuren von Elektricität am Blattgoldelektrometer, bei 3 Atmosphären konnte man eine Flasche von $\frac{1}{2}$ □' Belegung sehr leicht laden, wenn der Dampf 30 Sekunden bis 1 Minute lang auf das Drahtgitter strömte. Bei dieser Spannung, ja schon bei $2\frac{1}{2}$ Atmosphären, konnte man aus dem kleinen Conductor im Momente des Dampfausströmens $\frac{1}{2}$ zöllige Funken ausziehen. Die Elektricitätsentwicklung bei den verschiedenen Spannungen des Dampfes mafs ich vor der Hand an dem Quadrantelektrometer und erhielt folgende Resultate:

Spannung in Atmosphären.	Grade am Quadrantelektrometer.
$\frac{1}{2}$	4
$\frac{3}{4}$	22
1	28
$1\frac{1}{2}$	38
2	80
$2\frac{1}{2}$	85
3	90.

Um die Faraday'sche Annahme zu prüfen, liefs ich den Dampf durch ein Gefäfs mit Wasser strömen, die Effecte wurden aber dadurch eher geschwächt als vergröfsert. Wenn man daher bei der Dampfelektricität eine Reibung der Wassertheilchen annimmt, so kann diese allein durch das in der Röhre und Ausströmmündung condensirte Wasser geschehen; immerhin wird aber auch die Reibung des Dampfes unmittelbar an den vielen Wandungen der Ausströmmündung Elektricität erzeugen, denn sonst müfsten auch andere Mündungen, in welchen dem Dampfe weniger Gelegenheit zum Reiben gegeben war, wie ich sie vielfach anwendete, ähnliche Effecte geliefert haben, was durchaus nicht der Fall war.

Zu bemerken habe ich noch, dafs der Papin'sche Topf nur mit 2 württemb. Schoppen Wasser gefüllt war und dafs Hr. Mechanikus Dollinger in Tübingen die ganze Vorrichtung sammt Papin'schem Topf und Conductor um den Preis von 25 — 30 fl. zu liefern sich bereit erklärt hat.

d) Ueber die Figuren des sphäroidalen Flüssigkeitstropfen und ihren Zusammenhang mit den Klangfiguren.

Hr. J. Schnaufs machte in dem 79. Bande der Poggendorff's Annalen neue Wahrnehmungen über den Leidenfrost'schen Versuch bekannt, welche darin bestehen, dafs der Wassertropfen auf einer rothglühenden Platinplatte mit einem Platindrahte in Berührung und zur Ruhe gebracht, nach dessen Entfernung regelmäfsige Figuren zeigt. Ich habe diese Erscheinung schon vor längerer

Zeit wahrgenommen, würdigte sie aber erst einer näheren Untersuchung, nachdem ich den Aufsatz des Hrn. Schnaufs gelesen hatte; in folgendem gebe ich kurz eine Darstellung der von mir gefundenen neuen Thatsachen.

1) Hr. Schnaufs konnte die Erscheinung der Figuren nur darstellen, wenn er in den im sphäroidalen Zustand befindlichen Wassertropfen einen Platindraht oder feinen Glasstab brachte, von welchem dann eine Wellenbewegung ausging, welche diese Figuren zu Folge hatte. Ich fand, dafs die Erscheinung der Figuren, wie ich es auch schon früher bemerkt hatte, vollkommen unabhängig von dem Einstecken eines Platindrahtes ist, vielmehr unter allen Umständen eintritt, wenn gerade die Gröfse des nach und nach verdampfenden Wassertropfens geeignet hierzu ist. Ich stellte den Versuch mit einem dünnen Platinbleche an, das $5\frac{1}{2}$ Cent. im Durchmesser und eine schwache concave Biegung hat. Dieses Blech halte ich an einer Pincette, die an einem Ständer befestigt ist, über die Flamme einer gewöhnlichen Weingeistlampe von Glas, welche das Blech hinlänglich erwärmt (ohne es glühend zu machen), um den sphäroidalen Zustand eines darauf gebrachten Wassertropfens augenblicklich eintreten zu lassen. Das Wasser bringe ich mit dem Finger oder einem Glasstabe tropfenweise auf das Platinblech und, wenn das letztere sehr blank und rein ist, ebenso das Wasser keine fremde Bestandtheile enthält, so tritt die Erscheinung der (auf Taf. III., Fig. 13 der Pogg. Ann.) von Schnaufs angegebenen Figur, jedoch nicht immer, vollkommen ein, ohne dafs vorher der Tropfen in Berührung mit einem Drahte oder Glasstabe gebracht worden war. Diese Figur hängt aber nach vielen Versuchen, die ich anstellte, von der Gröfse des Wassertropfens ab; war ursprünglich der Tropfen sehr grofs, etwa 2 Cent., so zeigte sich keine Spur der Figur; sowie derselbe aber die Gröfse von 9 Millim. erreicht hatte, trat jedesmal die gleiche Gestalt (Fig. 13) ein, ging bei Abnahme der Gröfse durch die Verdampfung in Fig. 14 über

und wurde zuletzt bei einem Durchmesser von 5 Millim. ganz einfach viertheilig, wie Fig. 15 a. a. O. zeigt.

2) Die Aehnlichkeit dieser Figuren mit den Klangfiguren veranlaſsten mich zur Untersuchung, ob nicht diese Figuren des sphäroidalen Wassertropfens, welche, wie man deutlich sieht, durch eine Wellenbewegung des Wassers hervorgebracht werden, unter ähnlichen Bedingungen erscheinen, wie die Klangfiguren. In meiner Vorlesung, die ich diesen Sommer an hiesiger Universität über Experimentalphysik hielt, erläuterte ich den Leidenfrost'schen Versuch und bemerkte hiebei, daſs die Schnauſs'schen Wärmefiguren wahrscheinlich auch durch Schwingungen hervorgerufen werden können, die man dem Platinblech etwa durch Streichen mit einem Violinbogen mittheilen würde. Ich schritt sogleich zur Prüfung dieser Sache, befestigte eine runde Glasplatte an einer Schraubenzwinge und an diese Platte das Platinblech, welches durch dieselbe Lampe wie vorhin erhitzt wurde. Nachdem ich einen sehr groſsen 1 — 2 Cent. groſsen Wassertropfen darauf gebracht hatte, der die Erscheinung der Wärmefiguren nicht an und für sich zeigte und die Glasplatte mit dem Violinbogen anstrich, jedoch so, daſs dieselbe in langsame Schwingungen versetzt wurde, die nur ein Geräusch, nicht aber einen bestimmten Ton zeigten, so nahm der Wassertropfen augenblicklich die schönsten Figuren an, wie ich sie in den vorhergehenden Versuchen nie erhalten hatte. Er zeigte den schönsten achtstrahligen Stern, der bei Abnahme der Wassermenge in dem Tropfen ohne Zwischenglied in den vierstrahligen überging; der Unterschied zwischen den durch Streichen mit dem Violinbogen und den ohne dieses erhaltenen Figuren besteht einzig und allein in der Schönheit und Deutlichkeit derselben und in der Gröſse des Wassertropfens; beim Streichen mit dem Violinbogen nahm der Wassertropfen stets die regelmäſsige Gestaltung an, wenn ohne das Streichen keine Spur davon zu sehen war. Es scheint mir dadurch der directe Beweis geliefert zu seyn, daſs die Wärmefiguren ähnlich wie die Klangfiguren durch

Schwingungen hervorgebracht werden; wie sich aber in den Schwingungen des Wassertropfens solche Knotenlinien bilden, wie in dem Sande der Glasplatten, mufs noch näher untersucht werden. Man wird bei der überhaupt sehr schwierigen Erklärung des Leidenfrost'schen Problems noch viele Schwierigkeiten zu überwinden haben, um diese Figuren genügend erklären zu können.

3) Ich richtete auch eine Vorrichtung her, um das Streichen der heifsen Metallplatte mit dem Violinbogen unmittelbar bewerkstelligen zu können. Hiezu nahm ich eine sehr wenig concave Schale von Neusilber, welche einen Durchmesser von 16 Cent. hatte, erhitzte sie sehr stark, jedoch ohne dafs sie glühend wurde, und brachte dann sehr grofse Wassertropfen darauf, die 2—3 Cent. Gröfse hatten; solche Tropfen zeigten an und für sich gar keine Spur von regelmäfsiger Gestaltung; sobald aber der Rand der Schale mit dem Violinbogen gestrichen wurde, kamen sie auf eine prachtvolle Weise zum Vorschein; der Tropfen nahm meistens nach einander alle Gestaltungen an, und hörte, wenn die Aufeinanderfolge auch nicht regelmäfsig geschah, doch immer mit dem vierseitigen Sterne auf. Selbst einen 16 seitigen Stern beobachtete ich hier mehrere Mal sehr deutlich. Durch ein Glas hindurch sind die Figuren kaum wahrzunehmen, weil sich das Glas alsbald mit Wasser beschlägt; man kann sehr gut mit blofsem Auge dieselben betrachten, da nach allen meinen Versuchen die Figuren eher schöner zum Vorschein kommen, wenn die metallene Unterlage sehr heifs ist, als wenn sie glüht.

4) Da bei dem Leidenfrost'schen Versuch offenbar die Adhäsion zwischen der Flüssigkeit und der heifsen Unterlage aufgehoben ist und man auch auf andere Weise die Adhäsion zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern aufzuheben vermag, so untersuchte ich auch, ob die Wärme zur Herstellung dieser Figuren nothwendig sey. Diesem zu Folge brachte ich auf die beschriebenen Metallschalen etwas Bärlappsamen und auf diesen einen Wassertropfen, der bekanntlich dann, wie bei dem Leidenfrost'schen

Phänomen, Kugelgestalt annimmt; bei einem anderen Versuch überzog ich die Metallschale mit einer dünnen Wachsschichte, auf welcher das nämliche stattfand. Wurde nun in dem einen oder anderen Falle die Platte mit dem Violinbogen gestrichen, so zeigten sich zwar an den Wassertropfen dieselben Wellenbewegungen, wie sie bei dem sphäroidalen Wassertropfen des Leidenfrost'schen Versuches unmittelbar vorher eintreten, ehe sich die regelmäfsigen Figuren bilden, von einer wirklichen Figurenbildung war aber gar nichts zu sehen. Es scheint mir dadurch der Beweis geliefert, dafs die Wärme zur Erzeugung dieser Schwingungsfiguren absolut nothwendig ist und man kann sie daher auch Wärmeschwingungsfiguren heifsen.

V. *Ueber die Bedeutung der Polarisationsebene in der Optik; von A. J. Ångström.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Öfersigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*, 1853. *No.* 6).

Zu den Fragen der Optik, welche in theoretischer Hinsicht ein grofses Interesse haben, gehört ohne Zweifel die nach der Bedeutung der Polarisationsebene, ob die Aetherschwingungen in dieser Ebene oder winkelrecht auf ihr geschehen. Nach den bisherigen Untersuchungen zu urtheilen, scheint es vergeblich zu seyn, diese Frage auf theoretischem Wege lösen zu wollen, da die meisten Lichtphänomene sich sowohl der einen als der anderen Ansicht fügen. Allein es scheint, dafs ein besserer Erfolg zu hoffen seyn dürfte, wenn es glückte, die Frage auf ein anderes Gebiet hinüber zu ziehen oder die Antwort von solchen Eigenschaften der Materie abhängig zu machen, die auf nicht-optischem Wege ermittelt werden können. Es ist diese Betrachtung, welche zu den folgenden Bemerkungen Anlafs gegeben hat.

1.

Unter den Versuchen, welche auf experimentellem Wege gemacht worden sind, um die Frage nach der Polarisationsebene zu beantworten, nehmen ohne Zweifel die neuerlich von Haidinger [1]) veröffentlichten eine ausgezeichnete Stelle ein. Nimmt man nämlich einen einaxigen dichroïtischen Krystall, einen Turmalin, und läfst einen Lichtstrahl durch denselben gehen, so behält der ordentliche Strahl seine Farbe unverändert in allen Richtungen. Da nun in dem Fall, dafs der Strahl mit der Krystallaxe zusammenfällt, die Schwingungen nothwendig einen rechten Winkel mit der genannten Axe machen müssen, so scheint die Annahme natürlich, dafs der Strahl, dessen Farbe unveränderlich ist, auch seine Schwingungsrichtung unverändert behält und dafs folglich die Schwingungen rechtwinklich gegen die Polarisationsebene geschehen. Allein bei näherer Untersuchung fällt das Bündige des Haidinger'schen Beweises fort.

Dieser Beweis gründet sich nämlich auf die Voraussetzung, die Absorption des Lichts beruhe ausschliefslich auf der Beschaffenheit des Mediums in der Richtung, in welcher die Schwingungen geschehen, und nicht in der, in welcher der Strahl sich fortpflanzt. Aber diefs ist gerade die Hauptfrage. Denn die Frage nach der Polarisationsebene läfst sich auch so ausdrücken: Beruht die Geschwindigkeit des Lichts ganz und gar auf der Elasticität in der *Schwingungsrichtung*, oder wird sie bestimmt von der Elasticität in der Ebene, welche zugleich den *Strahl* und die *Schwingungen* enthält. Das Erstere nahm Fresnel an, das Letztere Neumann, Broch, Mac-Cullagh, u. A. Man sieht also, dafs in Haidinger's Annahme, die Absorption beruhe ausschliefslich auf der Schwingungsrichtung, eine *petitio principii* liegt, wodurch die beweisende Kraft derselben vernichtet wird. Indefs sind die Farbenphänomene der dichroïtischen Krystalle von grofsem Interesse für die Theorie der Lichtabsorption, und wenn auch

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 131.

die Farbe derselben nicht ausschliefslich von der Schwingungsrichtung abhängt, kann man doch voraussetzen, dafs sie sich nicht durch Interferenz erklären lasse, weil diese nicht anders als in der Richtung des Strahles vorkommen kann.

Es giebt indefs eine Klasse von Phänomenen, welche in nahem Zusammenhang mit einander zu stehen scheinen, nämlich das Fortpflanzungsvermögen der Wärme und die Absorption der strahlenden Wärme.

Im Allgemeinen findet man, dafs ein Körper die Wärme um so besser leitet als er atherman ist; so sind die Metalle die besten Wärmeleiter und zugleich die athermansten aller Körper. Diese beiden Eigenschaften scheinen also in einem umgekehrten Verhältnifs zu einander zu stehen, ungerechnet den Einflufs, welchen die Beschaffenheit des Lichts oder der Wärme dabei ausüben kann.

Nach Knoblauch's Beobachtungen [1]) ist das Verhältnifs zwischen der Intensität des ordentlichen und des aufserordentlichen Strahls, wenn polarisirtes Sonnenlicht durch eine Platte von nachstehenden Krystallen geleitet wird, folgendes;

	Ordentl.	Aufserordentl. Strahl.
Brauner Bergkrystall	100	73
Beryll	100	21
Turmalin	100	219.

Nach Sénarmont ist das Leitungsvermögen am
gröfsten in Richtung der Krystallaxe beim Bergkrystall
gröfsten » » » » Beryll
kleinsten » » » » Turmalin.

Vergleicht man diese beiden Resultate mit einander, so findet man, dafs, wenn polarisirtes Licht oder polarisirte Wärme durch einen einaxigen Krystall in einer gegen

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXV, S. 174. — Nach Knoblauch zeigt der farblose Bergkrystall kein ungleiches Absorptionsvermögen für das Sonnenlicht; wahrscheinlich würde sich diese Ungleichheit bei der dunklen Wärme zeigen.

dessen Hauptaxe winkelrechten Richtung geht, *der Strahl in gröfserem und geringerem Verhältnifs absorbirt wird, je nachdem seine Polarisationsebene zusammenfällt mit der Axe des kleinsten oder der des gröfsten Leitungsvermögen.*

Allein wenn auch das Gesetz nicht diese allgemeine Gültigkeit besitzen sollte, — was künftige Beobachtungen entscheiden mögen, — so gilt es doch wenigstens für die angeführten Krystalle; und wenn man dann annimmt, dafs eine gröfsere Absorption einem besseren Leitungsvermögen entspricht, und nicht umgekehrt, was man für übrigens gleiche Umstände wohl annehmen kann, so folgt, dafs die *Schwingungen in einer auf der Polarisationsebene rechtwinklichen Richtung geschehen müssen.*

Im Zusammenhange mit Obigem will ich auch einige von mir im Sommer 1851 angestellte Untersuchungen anführen.

Die Intensität der von einem Körper ausstrahlenden Wärme mufs abhängen 1) von der Vibrationsschnelligkeit der Molecule und 2) von der Tiefe, welche unter der strahlenden Fläche noch an der Strahlung Theil nimmt, also von der Absorption des Mediums. Denkt man sich nun einen Krystall, dessen Elasticität nach verschiedenen Richtungen ungleich ist, so ist es nicht nothwendig, dafs die Vibrationsschnelligkeiten der Theilchen in allen Richtungen dieselbe sey, woraus wiederum folgt, dafs die Wärme, welche von der Oberfläche eines Krystalles ausstrahlt, sich mehr oder weniger polarisirt erweisen kann. Man erhielte also genau das Entsprechende zwischen den Phänomenen, welche einerseits Licht und strahlende Wärme bei der Reflexion und Doppelbrechung zeigen, und welche man andrerseits bei dem Licht und der Wärme findet, wenn die Ausstrahlung von einer unkrystallisirten Oberfläche in schiefer Richtung geschieht oder von einer krystallisirten mit ungleichen Elasticitätsaxen in einer gegen die Strahlungsoberfläche rechtwinklichen Richtung. In allen diesen Fällen nämlich würden sich die Strahlen mehr oder weniger polarisirt erweisen müssen.

Um die Richtigkeit dieser Voraussetzung zu prüfen, habe ich mit folgenden Krystallen experimentirt: Bergkrystall, Turmalin, Feldspath und Gyps.

Der Krystall wurde in einer Messinghülse befestigt und mittelst einer Weingeistlampe erhitzt. Zwischen der strahlenden Oberfläche und dem Thermomultiplicator war ein Polarisationsapparat aufgestellt, bestehend aus drei Glimmerblättern, die so gefafst waren, dafs sie unter constantem Winkel mit dem durchgehenden Strahl herumgedreht werden konnten, man also ihren Hauptschnitt successive auf die beiden thermischen Elasticitätsaxen des Krystalls, welche in der strahlenden Oberfläche lagen, einstellen konnte.

Der Versuch mit Bergkrystall, Turmalin und Feldspath zeigte indefs bei der einen oder anderen Stellung der Glimmer keinen Intensitätsunterschied, woraus folgt, dafs auch die Wärme keine merkbare Spur von Polarisation besafs. Das Resultat widersprach also der gemachten Voraussetzung, dafs bei einem Krystall mit ungleichen Elasticitätsaxen die Vibrationsschnelligkeit der Molecule verschieden sey in verschiedenen Richtungen; untersucht man aber die Sache näher und vergleicht es mit dem zuvor über das Absorptionsvermögen dieser Krystalle Angeführten, so kommt man zu einem entgegengesetzten Resultat.

Der Turmalin z. B. absorbirt den ordentlichen Strahl fast ganz und gar, denn auf dieser Eigenschaft beruht, wie bekannt, die Anwendung desselben als Polarisationsapparat; erhitzt man nun einen solchen Krystall und versetzt dadurch die Aethertheilchen in Bewegung, so müssen die Schwingungen, welche dem ordentlichen Strahle entsprechen, stärker absorbirt werden als die Schwingungen des anderen Strahls. Da nun bei der Wärmestrahlung von der Oberfläche aus auch die Schichten darunter bis zu einer gewissen Tiefe Theil nehmen an der Strahlung, so müfste diese Tiefe für die dem aufserordentlichen Strahl entsprechenden Vibrationen gröfser und demgemäfs auch die Intensität der letzteren gröfser seyn.

Soll defsungeachtet, wie der Versuch zeigt, die Intensität bei beiden Strahlen gleich seyn, wenn der Hauptschnitt des Polarisationsapparat mit der einen oder anderen Elasticitätsaxe zusammenfällt, so müfste die Schwingungsschnelligkeit in der Richtung, welche mit den Schwingungen des ordentlichen Strahls zusammenfällt, gröfser seyn, und solchergestalt eine geringere Tiefe durch eine gröfsere Amplitude compensirt werden.

Es kann folglich als auf experimentellem Wege bewiesen angesehen werden, *dafs im Allgemeinen die Schwingungsschnelligkeit bei einem Krystall mit ungleichen Elasticitätsaxen nicht in allen Richtungen gleich ist* [1]).

Aus dem Angeführten folgt sicherlich, dafs die Schwingungen in einer gewissen Richtung eine gröfsere Intensität haben als in einer anderen; aber nicht, dafs diese Richtung zusammenfalle mit dem gröfsten Leitungsvermögen oder nicht, was wiederum von der Definition abhängt, die man von der Polarisationsebene giebt.

Nimmt man an, dafs die gröfste Schwingungsschnelligkeit zusammenfalle mit dem gröfsten Leitungsvermögen, und dafs z. B. die Partikel Curven beschreiben von gleicher Form mit den Isothermen, die man nach Sénarmonts Methode erhält, so ist damit auch die Frage über die Polarisationsebene entschieden, und man findet, dafs die Schwingungen der Aetherthеilchen rechtwinklich gegen die Polarisationsebene geschehen.

Aufser den eben angeführten Krystallen machte ich auch Versuche mit Gyps; allein da das dabei erhaltene Resultat sich von dem vorhergehenden unterscheidet, so will ich es etwas näher auseinander setzen.

Wie vorhin wurde der Glimmerapparat so eingestellt, dafs dessen Hauptschnitt successive zusammenfiel mit den Linien des gröfsten und kleinsten Wärmeleitungsvermögen

1) Statt der *ungleichen* Vibrationsamplituden könnte man auch die Oscillationen gleich intensiv annehmen, aber sich dieselben in einer gewissen Richtung mehr zusammengedrängt denken oder auch beide Fälle gleichzeitig voraussetzen. Siehe Dove in Pogg. Ann. Bd. LXXI.

des Gypses. Das Resultat erhellt aus der folgenden kleinen Tabelle, welche das Mittel aus zwei Beobachtungsreihen enthält, entsprechend den zwei verschiedenen Lagen des Gypsblättchens.

Gröfste thermische Axe des Gypses.	Hauptschnitt des Glimmers winkelrecht zur Axe des gröfsten Leitvermögens.	Hauptschnitt des Glimmers parallel zur Axe des gröfsten Leitvermögens.
lothrecht	8°,6	9°,8
horizontal	12 ,0	14 ,1.

Man sieht folglich, dafs die vom Gyps ausgestrahlte Wärme merklich polarisirt ist in einer Ebene, welche einen Winkel von 90° mit dem gröfsten Leitungsvermögen macht. Ob indefs das Maximum und Minimum der Polarisation zusammenfalle mit den thermischen Axen und nicht mit den optischen Elasticitätsaxen, die mit den ersteren einen Winkel von 34° bilden, können die obigen Beobachtungen nicht entscheiden. Eine einzige Einstellung gab wohl für die optischen Elasticitätsaxen die Ablenkungen

13° und 16°,

wobei der erstere Werth der Linie entspricht, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt; aber hieraus kann doch nicht mit Sicherheit gefolgert werden, dafs die Polarisation in diesen Richtungen gröfser sey als in den beiden vorhergehenden.

Ein Umstand, der dazu beitragen dürfte, diefs abweichende Resultat beim Gyps zu erklären, ist der, dafs derselbe beim Erhitzen sein Krystallwasser verliert, undurchsichtig wird und eine weifse Farbe annimmt. In diesem Zustand ist die Tiefe, von wo aus die Wärme ausstrahlt, unbedeutend und möglicherweise gleich für die verschiedenen Polarisationsebenen. Die Intensität der ausstrahlenden Wärme hängt dann alleinig von der Beschaffenheit der Oberfläche in verschiedenen Richtungen ab.

2.

Für einen Krystall mit zwei optischen Axen stimmen die beiden Theorien, die Fresnel'sche und die Neu-

mann'sche, in sofern überein, als sie die gröfste und kleinste Elasticitätsaxe in die Ebene der optischen Axen verlegen, aber diese Theorien sind darin verschieden, dafs das, was nach der einen die gröfste Elasticitätsaxe nach der anderen die kleinste ist, und so umgekehrt. Dieser Gegensatz zeigt sich auch bei den einaxigen Krystallen. Könnte man nun die Richtung bestimmen, in welcher die Elasticität des Aethers am gröfsten oder kleinsten ist, so hätte man auch die Frage über die Polarisationsebene entschieden. Ich habe zu dem Ende die Erscheinungen beim Erhitzen eines Krystalls zu Rath gezogen. Die Gröfse der Ausdehnung eines Krystalls in verschiedenen Richtungen beruht nämlich auf dem Verhältnifs zwischen den in demselben wirksamen Anziehungs- und Abstofsungskräften. Nimmt man nun an, dafs die Anziehungskräfte den eignen Theilchen des Körpers angehören, und dafs deren Einwirkung auf den Aether sich unter anderen in einer Verringerung seiner optischen Elasticität äufsert, so müfste diese Einwirkung auf den Aether eine entsprechende Abstofsung hervorrufen. Diese Abstofsung wiederum müfste sich bei der Erhitzung des Krystalls in dem Maafse stärker äufsern als die Elasticität des Aethers gröfser, oder der Widerstand der anziehenden Kräfte schwächer ist. Von den beiden Richtungen also, von denen man zuvor weifs, dafs sie der gröfsten und der kleinsten Elasticitätsaxe für den Aether entsprechen, müfste die gröfsere Axe derjenigen zukommen, in welcher der Körper bei der Erhitzung sich stärker ausdehnt.

Wir wollen diefs nun anwenden auf einige Krystalle, deren Ausdehnung bekannt ist, wie Gyps, Arragonit und Kalkspath.

Nennt man $\frac{\Delta a}{a}$ die Ausdehnung längs der Linie, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt, oder, wenn das Medium einaxig ist, mit der Krystallaxe zusammenfällt, und $\frac{\Delta b}{b}$ die Ausdehnung in einer gegen die Ebene

der optischen Axe winkelrechten Richtung u. s. w., so erhält man für

Arragonit[1].

$$\frac{\Delta a}{a} = +0{,}003587;\quad \frac{\Delta b}{b} = +0{,}001008;\quad \frac{\Delta c}{c} = +0{,}001905;$$
$$\frac{\Delta v}{v} = 0{,}0065.$$

Gyps.

$$\frac{\Delta a}{a} = -0{,}000508;\quad \frac{\Delta b}{b} = +0{,}003869;\quad \frac{\Delta c}{c} = +0{,}002384;$$
$$\frac{\Delta v}{v} = 0{,}005745.$$

Kalkspath.

$$\frac{\Delta a}{a} = +0{,}002793;\quad \frac{\Delta b}{b} = -0{,}000416;\quad \ldots\ldots ;$$
$$\frac{\Delta v}{v} = 0{,}001961,$$

überdiefs weifs man, dafs der Bergkrystall sich in einer gegen die Krystallaxe winkelrechten Richtung am stärksten ausdehnt.

Wenn nun die Ausdehnungen in der Ebene, welche die gröfste und die kleinste Elasticitätsaxe für den Aether enthält, $\frac{\Delta a}{a}$ und $\frac{\Delta c}{c}$ sind, so müfste, falls unser Räsonnement in dem Vorherigen richtig ist, die Linie, welche $\frac{\Delta a}{a}$ entspricht, *die gröfste Elasticitätsaxe für Arragonit und Kalkspath, und die kleinste für Gyps und Bergkrystall seyn;* alles in Uebereinstimmung mit der Fresnel'schen Ansicht von der Polarisationsebene.

Obgleich wir solchergestalt mit Hülfe der ungleichen Ausdehnungen eines Krystalls die Frage zu beantworten

1) Mitscherlich giebt an, dafs, für 100° C., die Neigung der Seitenflächen um 2' 46" wachse und die der Endflächen um 5' 29" abnehme. Um den letzteren Winkel näher zu bestimmen, bediente ich mich der Beobachtungen Rudberg's, der die Veränderung des Brechungswinkels seiner drei Prismen bei der Erhitzung angiebt. Die kubische Ausdehnung ist nach Kopp angenommen.

suchten, in welcher der beiden angegebenen Richtungen die Elasticität des Aethers am gröfsten oder kleinsten sey, so würde man doch zu weit gehen, wenn man daraus einen Schlufs ziehen wollte auf ein einfaches Verhältnifs zwischen der Ausdehnung eines Krystalls und der Elasticität des Aethers, so weit dieselbe von den durch die Dispersion complicirten Lichtphänomenen bestimmt wird. Diefs zeigt sich am besten bei $\frac{Ab}{b}$, welches, obgleich es sowohl für den Arragonit als für den Gyps der mittleren Elasticitätsaxe entspricht, und zwar nach beiden Theorien, dennoch für den ersteren Krystall der kleinste, und für den letzteren der gröfste der drei Werthe der Ausdehnungscoëfficienten ist. Inzwischen dürfte sich diese Abweichung dadurch erklären, dafs auch $\frac{Ab}{b}$ für den Arragonit der gröfsten, und für den Gyps der kleinsten thermischen Axe entspricht; defsungeachtet wird, wie bekannt, die symmetrische Axe des Gypses, welcher $\frac{Ab}{b}$ entspricht, bei Erhitzung des Krystalls, auch die gröfste Elasticitätsaxe für den Aether.

Ein Umstand, der besonders bemerkt zu werden verdient, ist der, dafs sowie es eine Temperatur giebt, wobei der Arragonit in Kalkspath übergeht, es auch eine zu geben scheint, bei welcher beide Krystalle in optischer Hinsicht identisch werden. Diefs erfolgt wahrscheinlich, wenn beim Arragonit die beiden Flächen, welche in gewöhnlicher Temperatur einen Winkel von 116° 14',7 mit einander bilden, die Seiten eines sechsseitigen Prisma werden. Aus Rudberg's Beobachtungen erhält man für die Linie F des Fraunhofer'schen Spectrums, wenn die Lichtgeschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen wird:

	bei Rechtwinklichkeit der Polarisationsebene mit der Richtung von		
Im *Arragonit*	$\frac{Aa}{a}$	$\frac{Ab}{b}$	$\frac{Ac}{c}$
Leichtgeschwindigkeit	0,65156	0,59151	0,58980
Veränderung für 100°	+ 63,1;	+ 73,6;	+ 82,0

	Ordentl. Strahl	Aufserordentl. Strahl
Im *Kalkspath*		
Lichtgeschwindigkeit	0,67066	0,59938
Veränderung für 100°	— 56,7	0 +

Man sieht also, dafs beim Arragonit die beiden kleineren Geschwindigkeiten, welche den beiden Elasticitätsaxen entsprechen, einander an Gröfse näher kommen, in dem Maafse sie sich auch mehr und mehr der Geschwindigkeit des ordentlichen Strahls beim Kalkspath nähern, und ferner, dafs die Geschwindigkeit des aufserordentlichen Strahls im Kalkspath abnimmt in dem Maafse als der entsprechende Strahl im Arragonit an Geschwindigkeit zunimmt; was Alles das schon Angeführte bestätigt.

Uebrigens kann man aus dem Vergleich der Ausdehnung des Kalkspaths und Arragonits mit den Veränderungen der Brechungscoëfficienten dieser Krystalle ersehen, dafs zwischen denselben kein einfaches Verhältnifs besteht, und im Allgemeinen, dafs diese Veränderungen nicht blofs auf der Ausdehnung des Krystalls in Richtung der Schwingungen beruhen. Geht man von Fresnel's Ansicht von der Polarisationsebene aus, so folgt auch, dafs die kubische Ausdehnung einen Einflufs auf das Brechungsvermögen hat, der dem, welchen die lineare in der Schwingungsrichtung ausübt, entgegengesetzt ist. Auch erlangt ein Glascylinder, wenn man ihn längs der Axe comprimirt, bekanntlich die Eigenschaften eines optisch negativen Krystalls, während nach Neumann [1]), sowohl der ordentliche als der aufserordentliche Strahl, eine gröfsere Geschwindigkeit besitzt als dem uncomprimirten Glase zukommt.

3.

Nimmt man das Gesetz der lebendigen Kraft als gültig für die Intensität des gebrochenen und reflectirten Lichtes an, — und, sofern ein Körper als vollkommen diaphan betrachtet werden kann, ist diese Annahme wohl zulässig, — so

1) Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichts u. s. w. S. 59.

so setzen die Fresnel'schen und Neumann'schen Formeln für die Intensität, unter übrigens gleicher Annahme, die ersteren eine constante Elasticität, und die letzteren eine constante Dichtigkeit beim Aether voraus, wodurch derselbe in seinen Eigenschaften sich im ersteren Falle den Gasen, und im letzteren den flüssigen Körpern nähern würde. Die Frage nach der Polarisationsebene ist also beantwortet, sobald man die andere Frage entscheiden kann, ob die Dichtigkeit des Aethers constant sey oder nicht [1]).

Die Gründe, welche meiner Meinung nach gegen die Annahme einer constanten Dichtigkeit des Aethers sprechen, sind indeſs folgende.

Zunächst sind die optischen Erscheinungen im Allgemeinen zu complicirt, und sie stehen keinesweges zu den Veränderungen, welche das Medium bei Erhitzung, Compression u. s. w. erleidet, in so einfachem Verhältniſs, wie es der Fall seyn müſste, wenn sie vom letzteren allein bedingt würden.

Ferner lassen sich die diamagnetischen Erscheinungen leichter auf den Aether direct als auf die eigenen Theilchen der Körper zurückführen, woraus auch folgt, daſs die Dichtigkeit des Aethers nicht constant seyn kann, weil dabei eine ungleiche Einwirkung in verschiedener Richtung schwerlich denkbar ist. Wertheim [2]) hat nämlich beobachtet, daſs

1) Bekanntlich nimmt Neumann, wie auch Mac-Cullagh, die Dichtigkeit des Aethers als constant an, im Gegensatz zu Fresnel, welcher dieselbe als variabel betrachtet. Sieht man bloſs auf die Einfachheit der Hypothese, so hat auch die erstere den Vorzug. Die Art, wie Moigno (*Repertoire de l'optique moderne p.* 1004) die Frage über die Polarisationsebene behandelt, scheint deshalb für eine wissenschaftliche Kritik sehr unpassend zu seyn, da eine Ansicht nicht dadurch widerlegt wird, daſs man sagt: *Les abstractions stériles des interprétations et confirmations détournées et pénibles etc. etc.* Cauchy's groſse Verdienste schlieſsen nicht die von Neumann aus, und was Broch betrifft, so hat er lediglich Cauchy's Formeln entwickelt und erweitert.

2) *Compt. rend. XXXII*, 289 (Ann. Bd. 86, S. 321). Matteucci's vermeintliche Entdeckung, daſs, bei Compression eines Glasparallelepi-

die Drehung der Polarisationsebene in einem unter Einwirkung des Magnetismus stehenden Glasparallelepiped verschwindet, wenn das Glas comprimirt wird. Diefs scheint anzudeuten, dafs die Drehung durch directe Einwirkung des Magnetismus auf den Aether entsteht und dafs diese Einwirkung verschwindet, wenn der Aether comprimirt und gleichsam in einer gewissen Richtung fixirt wird, und dafs dieser dann in ein *mechanisches Moment* übergeht, welches den Körper selbst zu drehen sucht, wie es auch mit den Krystallen der Fall ist.

Ganz anders verhält es sich mit dem Bergkrystall, dessen Vermögen zur Drehung der Polarisationsebene seinen Grund in der eigenthümlichen Anordnung der Theilchen desselben hat. Comprimirt man nämlich eine winkelrecht gegen die Axe geschnittene Platte, so erhält man bekanntlich, wenn man polarisirtes Licht und parallele Strahlen anwendet, Farbenringe von analogem Aussehen, wie sie gewisse zweiaxige Krystalle zeigen. Durch Versuche habe ich indefs gefunden, dafs, weit entfernt, die Drehung der Polarisationsebene bei der Compression abnimmt, sie im Gegentheil wächst, der Krystall mag übrigens die Ebene nach der Rechten oder Linken drehen. Die Compression, soweit ich ohne genaue Messungen deren Wirkung schätzen kann, scheint die beiden circular polarisirten Strahlen, in welche sich der einfallende Strahl zerlegen läfst, in zwei elliptisch polarisirte Strahlen umzuwandeln, und daneben vergröfsert sie deren Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wodurch auch die vergröfserte Drehung der Polarisationsebene erklärt wird. Inzwischen dürfte alles dieses ganz einfach durch eine *Superposition* der Erscheinungen entstehen, welche Compression und Krystallisation einzeln für sich hervorbringen, und somit die Ansichten bestätigt werden, welche Brewster [1]) schon vor mehren

peds, die Drehung der Polarisationsebene ungleich nach verschiedenen Richtungen werde, ist von Edlund widerlegt (*Vetensk. Acad. Förhandl. p.* 23.)

1) *Edinb. Transact. VIII, p.* 284.

Jahren über den Einflufs der Compression auf die optischen Erscheinungen aufgestellt hat.

Um wieder auf die diamagnetischen Erscheinungen zu kommen, so giebt es keinen Grund, weshalb dieselben nicht auch *neben der Compression bestehen* sollten, wenn nämlich der Magnetismus direct auf die Theilchen der Körper wirkt und diese dadurch eine eigenthümliche Anordnung annehmen, entsprechend dem, was wir beim Bergkrystall finden.

Ein Strahl linear polarisirten Lichts läfst sich bekanntlich analytisch zerlegen in zwei circular polarisirte Strahlen von gleicher Geschwindigkeit, ohne dafs dadurch das Resultat verändert wird; giebt man aber dem einen Strahl eine gröfsere Geschwindigkeit, so entsteht dadurch eine Drehung der Polarisationsebene, wie man sie beim Bergkrystall findet. Indefs ist diese Vorstellungsweise von der Bewegung des Aethers in dem eben genannten Krystall nicht blofs analytisch, sondern auch physisch richtig, wie schon Fresnel und später Jamin [1]) durch seine Beobachtungen bewiesen hat. Allein es kann sehr in Frage gestellt werden, ob diese Vorstellungsweise auch für die durch Magnetismus bewirkte Drehung der Polarisationsebene gelte. Auch die Differentialformeln, welche nach Airy [2]) die Bewegung des Aethers unter Wirkung des Magnetismus wiedergeben, nämlich:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = A\frac{d^2y}{dx^2} + C\frac{dz}{dt}$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = A\frac{d^2z}{dx^2} - C\frac{dy}{dt}$$

deuten mehr auf einen Widerstand oder eine äufsere, die Schwingungsebene der Aethertheilchen zu drehen suchende, Kraft, als auf eine wirkliche, direct von der Anordnung der Moleküle des Mediums abhängige Doppelbrechung.

Comprimirt man einen einaxigen Krystall winkelrecht gegen die Axe, so fällt die Ebene der optischen Axe mit der Compressionsrichtung zusammen, wenn der Krystall

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. XXX, p. 55.

2) *Phil. Mag.* 1846, p. 469. (Pogg. Ann. Bd. 70, S. 272.)

positiv ist, macht aber mit dieser einen Winkel von 90°, wenn er negativ ist [1]). Hieraus folgt, dafs die Elasticität des Aethers, relativ genommen, auch durch die Compression verstärkt wird, wenn Fresnel's Definition von der Polarisationsebene richtig ist, dagegen aber geschwächt wird, wenn die Neumann'schen Ansichten richtig sind. Beruhten die Veränderungen in der Geschwindigkeit des Lichts lediglich auf einer Elasticitätsveränderung des Mediums in Richtung der Schwingung, so wäre es leicht, aus dem eben angeführten Verhältnifs die Frage über die Polarisationsebene zu entscheiden; allein sie bleibt unbeantwortet, sowie diefs nicht der Fall ist. Das Angeführte zeigt indefs, in welch näherem Zusammenhang dieselbe zu jeder anderen die molecularen Kräfte der Materie und deren Wirkungsweise betreffenden Frage steht.

4.

In dem Vorhergehenden habe ich mich ausschliefslich auf solche Beobachtungen beschränkt, deren Richtigkeit auf nicht-optischem Wege geprüft werden kann. Ich gehe jetzt zu einer Klasse von Erscheinungen über, welche gänzlich im Bereich der Optik liegen, dennoch aber geeignet scheinen, die Frage über die Polarisationsebene unabhängig von theoretischen Speculationen zu beantworten.

Wie bekannt hat Arago [2]) schon vor vielen Jahren beobachtet, dafs, wenn natürliches Licht winkelrecht auf eine dispergirende Fläche fällt, sich das diffuse Licht, längs derselben Fläche gesehen, polarisirt erweist in einer Ebene, welche mit der Diffusionsebene (der Ebene durch die Normale und das beschauende Auge) einen rechten Winkel macht. Auf diese Erscheinung gründet sich auch Babinet's Beweis, dafs die Aethermolecüle in der Polarisationsebene selbst vibriren. Indefs haben Provostaye und Desains gefunden [3]), dafs Arago's Entdeckung blofs für Metalle

1) Moigno, *Répertoire d'optique moderne p.* 1594.
2) Biot, *Traité de physique T. IV, p.* 315.
3) *Compt. rend. T. XXXIII, p.* 447.

und im Allgemeinen für Körper mit spiegelnder Oberfläche gilt, für matte Körper aber, wie Lampenrufs, mattgeschliffenes Glas, Bleiweifs, rothes chromsaures Bleioxyd, kohlensaures Kupferoxyd u. s. w., das diffuse Licht immer in der Diffusionsebene selbst polarisirt ist, und diese Polarisation abnimmt, in dem Maafse als das Auge sich der Normale nähert.

Wendet man polarisirtes Licht an und nennt ϑ den Winkel, welchen das Auge mit der Normale macht und φ den Winkel, welchen die Diffusionsebene mit der Polarisationsebene bildet, so nimmt die Intensität des diffusen Lichtes ab, sowie φ sich 90° nähert, und um so schneller als ϑ vergröfsert wird. Ich habe diese Beobachtungen verificirt und aufserdem gefunden:

1. Dafs, wenn polarisirtes Licht winkelrecht auf eine mattgeschliffene Glasplatte fällt, deren untere spiegelnde Fläche geschwärzt ist, sich mit dem Winkel φ nicht blofs die Intensität, sondern auch die Polarisationsebene ändert, so dafs sie, für $\varphi = 90^\circ$, denselben Winkel 90° mit der Diffusionsebene bildet.

2. Wenn natürliches Licht auf die Glasplatte fällt, so ist das diffuse Licht polarisirt in einer Ebene, welche durch den einfallenden und den diffusen Strahl geht, und folglich ist die Polarisationsebene unabhängig von der Diffusionsebene oder der Lage der Platte.

3. Wenn polarisirtes Licht die Fläche selber streift, — wir denken uns hier den ideellen Fall, welchem man in voller Strenge zwar experimentell nicht genügen, aber doch hinreichend nahe kommen kann, um das Resultat mit Sicherheit vorauszusehen, — und es ist *a*) in der Einfallsebene polarisirt, so ändert sich die Polarisationsebene des diffusen Lichts um 90°, wenn der Winkel φ', den die Diffusionsebene mit der Reflexionsebene macht, von 0° auf 90° wächst. Ist es aber *b*) winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirt, so bleibt die Polarisationsebene des diffusen Lichts unverändert, wenn φ' von 0° auf 90° wächst. Im letzteren Falle macht also die Polarisationsebene immer

einen Winkel von 90° mit der Diffusionsebene, im ersteren variirt aber dieser Winkel von 0° bis 90°.

4. Wenn polarisirtes Licht die Fläche streift und der Winkel $\varphi' = 90°$ ist, so bleibt die Polarisationsebene des Lichts unverändert für Werthe von ϑ zwischen 0° und 90°, die Polarisationsebene des einfallenden Lichts mag zusammenfallen mit der Einfallsebene oder einen Winkel von 90° mit derselben machen.

5. Betrachtet man die Farbenringe, z. B. die in einer winkelrecht gegen die Axe geschnittene Kalkspathplatte, und schiebt zwischen den Polarisationsapparat und den Krystall, rechtwinklich gegen den Strahl, eine mattgeschliffene Glasplatte ein, so zeigen sich die Farbenringe in unveränderter Intensität. Und wenn ein Lichtstrahl auch die unbedeutendste Spur von Polarisation zeigt, so hat er diese auch nach dem Durchgang durch die mattgeschliffene Glasplatte behalten. Das *Depolarisationsvermögen* dieser ist also unmerklich.

Die Lage der Polarisationsebene des diffusen Lichts im ersten und zweiten Fall läfst sich durch die Annahme erklären, dafs die Diffusion des Lichts durch eine Spiegelung in allen möglichen Richtungen entstehe; allein dadurch erklärt sich nicht die grofse Intensitätsverminderung bei Annäherung von ϑ und φ an 90°. Im dritten und vierten Fall kann die Lage der Polarisationsebene gar nicht durch Spiegelung erklärt werden; allein sie erklärt sich leicht, wenn man annimmt, *dafs die Schwingungsrichtung des einfallenden Lichts sich unverändert in dem diffusen Licht erhalte.* Diefs angenommen, ist es leicht, die Frage über die Polarisationsebene zu beantworten. Denn nach dem dritten Fall bleibt die Lage der Polarisationsebene zu der Diffusionsebene unverändert, wenn das einfallende Licht polarisirt ist in einer Ebene, welche mit der Einfallsebene einen rechten Winkel bildet und folglich auch zusammenfällt mit der dispergirenden Fläche. Da aber diese Unveränderlichkeit nicht stattfinden kann, ohne dafs nicht die *Aetherschwingungen* längs der Normale der Fläche geschehen,

so folgt auch, dafs sie *einen rechten Winkel mit der Polarisationsebene* machen.

Im Allgemeinen läfst sich die Diffusion als ein unregelmäfsiger Fall von Diffraction betrachten, wobei jeder Punkt der Oberfläche als ein neues *Centrum oscillationis* anzusehen ist; liegen aber diese *Centra* so nahe zusammen, dafs ihr Abstand unter der Länge einer Lichtwelle bleibt, so wird die Oberfläche spiegelnd. Nach dieser Vorstellungsweise ist leicht zu ersehen, welcher Zusammenhang stattfindet zwischen den vorhergehenden und denen, die Stokes über die Diffraction des Lichts angestellt hat [1]). Er hat nämlich auf theoretischem Wege gefunden, dafs die Schwingungsrichtung sich unverändert in dem diffrangirten Lichte erhält, und er benutzt diesen Umstand, um die Schwingungsrichtung in Bezug auf die Polarisationsebene zu bestimmen. Allein theils compliciren sich die Erscheinungen durch die Brechung in dem liniirten Glase, theils sind die Angaben nicht deutlich genug, um vollkommen entscheidend zu seyn.

Was endlich die andere Art von Diffusion betrifft, welche den mehr oder weniger undurchsichtigen Körpern mit spiegelnder Oberfläche angehört, so entsteht sie durch die Körper selbst, woraus folgt, dafs ihr wahrer Charakter versteckt wird durch den Einflufs der spiegelnden Oberfläche. Dafs sie sich im Ganzen nicht von der zuvor behandelten unterscheidet, beweist das Vorkommen der neutralen Punkte. Provostaye und Desains nämlich haben gefunden, dafs, wenn natürliches Licht winkelrecht auf eine spiegelnde Fläche fällt, es ein Werth von ϑ giebt, bei welchem das diffuse Licht unpolarisirt ist, dafs aber für Werthe von ϑ, welche entweder gröfser oder kleiner sind, die Polarisationsebenen einen rechten Winkel mit einander bilden. Für grofse Werthe von ϑ ist die Spiegelung überwiegend.

Endlich mag es mir auf Veranlassung des Vorhergehenden erlaubt seyn zu bemerken, dafs die Polarisations-Erscheinungen der Atmosphäre sich am einfachsten durch eine

1) *Transact. of the Cambridge Phil. Soc. Vol. IX., pt. 1.*

Diffusion erklären lassen, die überdiefs durch Brechung in den verschiedenen Luftschichten modificirt wird, wodurch dann die neutralen Punkte entstehen. Eine nähere Besprechung dieses Gegenstandes verschiebe ich indefs auf eine passendere Gelegenheit.

VI. *Zur Entdeckung des Phosphors bei Vergiftungen; von A. Lipowitz in Posen.*

Die Anwendung des Phosphors, zum Vertilgen von Ratten, Mäusen und anderen Nagethieren, hat die des Arseniks für denselben Zweck fast vollständig verdrängt. Dem Verbrechen ist dadurch ein anderes, ich möchte fast sagen, schlimmeres Mittel als Arsenik zum Vergiften von Menschen an die Hand gegeben. Es ist daher Aufgabe der Chemie geworden, zur Auffindung des Phosphors, eben so sichere Mittel anzugeben, welche die kleinsten Mengen unzweifelhaft nachweisen, als wir solche für Arsenik gefunden haben.

In den letzten Jahren sind mir nur Vergiftungen mit Phosphorteig und keine mit Arsenik vorgekommen, wobei es mir stets gelungen ist, nach den bekannten Methoden, den Phosphor aufzufinden, und in Substanz ausgeschieden dem Untersuchungsbericht beizulegen. In jüngster Zeit erhielt ich jedoch einen Magen, dessen Villosa stark corrodirt war, und die Darmcontenta zur gerichtlich-chemischen Untersuchung; darin fand ich bei der sorgsamsten Untersuchung mit der Loupe nur ein Nadelspitz grofses Krümchen einer verdächtigen Substanz. Dieses wurde in einem Porcellanschälchen auf einem Wasserbade im Dunklen erwärmt. Beim Rühren mit einem Glasstabe traten leuchtende Punkte auf, welche sich nach und nach mehrten, und zuletzt die ganze innere Fläche des Schälchens mit gelbem Lichte erhellten und deutlich weifsen Rauch gaben. Vergebens ver-

suchte ich aber aus dem flüssig schleimigen Magen- und Darminhalt eine weitere Spur von Phosphor abzuscheiden. Fast ebenso vergeblich wurde eine Destillation in der Art vorgenommen, wie sie J. E. Schacht in Berlin im Archiv der Pharmacie Bd. LXVI. S. 165 mit richtiger Würdigung der bereits vorhandenen Literatur beschreibt, (und daselbst) wo er auch sehr zweckmäfsig die Oxydation des erhaltenen Destillats mit rauchender Salpetersäure empfiehlt, um die dadurch gebildete Phosphorsäure nachzuweisen. Ich erhielt bei dieser Destillation zwar eine faulig, leichenartig riechende Flüssigkeit, jedoch waren keine Dämpfe bemerkbar; auch konnte ich nach vorangegangener Behandlung des Destillats mit rauchender Salpetersäure wohl eine Reaction mit Silbernitratsolution auf gewöhnliche Phosphorsäure und nach dem Abdampfen und Glühen auf Pyrophosphorsäure wahrnehmen, so wie eine Reaction mit molybdänsaurem Ammoniak, *jedoch so unbedeutender Art*, dafs ich mit Bestimmtheit, wie es bei einer gerichtlich-chemischen Untersuchung, wobei es sich um Menschenleben handelt, verlangt wird, mich nicht für die unbedingte Anwesenheit von Phosphor aussprechen konnte. Hätte mir nicht der Zufall das im Eingange erwähnte Phosphorpartikelchen in die Pincette geführt, so wäre in diesem Falle, da alle anderen Methoden den Phosphor nicht genügend nachwiesen, der Beweis von der Anwesenheit des Phosphors zweifelhaft geblieben.

Dieser Fall veranlafste mich aber bereits frühere von mir gemachte Beobachtungen und Versuche aufzunehmen und näher zu prüfen. Es ist bekannt, dafs Phosphor und Schwefel, unter kochendem Wasser zusammengebracht, sich verbinden, und dafs, wenn der Phosphor in Ueberschufs vorhanden ist, wozu nach meiner Beobachtung nur die kleinere Hälfte davon nöthig ist, die entstandene Verbindung von Schwefel und Phosphor auch nach dem Erkalten bei gewöhnlicher Temperatur sich flüssig erhält. Ist jedoch der Schwefel überwiegend, ist er mindestens in dem Verhältnifs von zwei Theilen zu einem Theile Phosphor vorhanden, so wird die erhaltene Verbindung nach dem Er-

kalten krystallinisch fest, jedoch leicht knetbar, ungefähr wie ein Quecksilberamalgam. Sechs Theile Schwefel auf einen Theil Phosphor geben nach längerem Kochen eine Verbindung, welche ebenfalls krystallinisch ist; diese Masse kann jedoch aufserhalb des Wassers gehandhabt werden, ohne sich beim geringsten Druck leicht selbst zu entzünden. Um die Gränzen zu bestimmen, bei denen der Schwefel seine Form verändert, wurden Versuche mit stufenweise gesteigerten Schwefelquantitäten gemacht. Es stellte sich heraus, dafs 2 Proc. Phosphor den Schwefel beim anhaltenden Kochen unter Wasser noch in kleine krystallinische Theile vertheilen können, und dafs diese, auf Papier abgetrocknet, an der Luft Dämpfe von sich geben. Erst bei einem Proc. Phosphorzusatz verändert sich der Schwefel in seiner Form nicht mehr, hat aber den ganzen Phosphor gebunden. Dieser erhaltene Schwefelphosphor, und ich spreche nur von diesem, welcher Ueberschufs an Schwefel enthält und fest ist, hat die Eigenschaft, selbst wenn er auch nur 1 Proc. Phosphor enthält, abgetrocknet an der Luft Dämpfe zu geben und mit Silbernitratsolution übergossen sich grünlichschwarz zu färben. Enthält der Schwefel auch noch weniger Phosphor, so wird er bei +50 bis 60° erwärmt im Dunklen leuchten, und deutlich alle Erscheinungen des Phosphors zeigen. Mit Salpetersäure von 1,20 spe. Gewicht gekocht, wird der Phosphor leicht oxydirt und giebt sich nebst Schwefelsäure in der Auflösung durch die bekannten Reagentien zu erkennen.

Hierauf gestützt, basirte ich meine Versuche, den Phosphor in organischen Gemengen, wo er sich in Substanz vorfindet, mit Sicherheit abzuscheiden, und theile im Auszuge das Wesentlichste davon mit.

Das schwierige Abwägen sehr kleiner Mengen Phosphor veranlafste mich gleichzeitig, auch um denselben stets aufs feinste vertheilt zu erhalten, einen Phosphorteig zu bereiten, in welchem der Phosphor sehr sorgfältig durch Schmelzung unter heifsem Wasser und Zurühren von Mehl vertheilt war. Dieser Phosphorteig enthielt pro Unze 24 Grm.

Phosphor, also genau 5 Proc., es entsprach somit ein Scrupel dieses Teigs 1 Grm. Phosphor. Mit dem Mikroskop untersucht, zeigten sich in dem Phosphorteig nur wenige Phosphorstückchen, welche gröfser waren als die Stärkemehlkrümchen, die meisten waren kleiner; dieselben konnten besonders gut durch ihre schwarze Färbung erkannt werden, wenn man zu der beobachteten Menge auf der Glasplatte einen Tropfen Silbernitratsolution brachte.

Wurde 1 Grm. dieses Teigs, also $\frac{1}{20}$ Grm. Phosphor, mit 8 Unzen Wasser im Glaskolben gekocht, wozu in einige linsengrofse Stückchen Schwefel gesetzt waren, so erhielt man nach viertelstündigem Kochen den Schwefel scheinbar unverändert wieder. Dieser Schwefel wurde abgespült und gab nach dem Zerreiben im Schälchen und Erwärmen im Wasserbade ein lebhaftes Leuchten, und mit Salpetersäure behandelt, (deutliche) *unverkennbare* Reaction auf Phosphorsäure. Es wurden darauf organische Gemenge aus Mehl, Kuchenabfällen u. dergl. und Wasser gemacht. Zu zwei Quart eines solchen Gemenges, welches in einer Porcellanschaale zum Sieden erhitzt war, wurden 10 Grm. Phosphorteig ($\frac{1}{2}$ Grm. Phosphor enthaltend) und gleichzeitig fünf linsengrofse Stückchen Schwefel zugesetzt. Nach fast halbstündigem Kochen und Erkalten wurde die breiartige Masse abgegossen. Die theilweise durchs Rühren zerdrückten Schwefelstückchen lagen unverändert auf dem Boden der Schale und konnten leicht herausgefunden und abgespült werden. Sie zeigten bei der Prüfung ganz eclatant die beschriebene Reaction. Dieser Versuch wurde nochmals mit einem anderen Gemenge von zwei Quart mit der Aenderung wiederholt, dafs statt 10 Grm. nur 5 Grm. Phosphorteig zugesetzt wurden, in denen mithin nur $\frac{1}{4}$ Grm. Phosphor enthalten war. Die Reactionserscheinungen traten auch hier mit fast gleicher Stärke auf.

Berücksichtigt man, dafs in dem letzteren Versuch der Phosphor in einer mehr als 140,000 fachen Vermischung sich befand, so wird man die Gränze dieser Reaction als eine sehr ausgedehnte ansehen müssen, und ich halte diese

Reaction für die geeignetste, *Phosphor in organischen Gemengen oder überhaupt überall, wo derselbe in Substanz vorkommt, aufzufinden.*

Ein reservirtes Drittel des am Anfange genannten Darm- und Mageninhalts wurde mit einigen Schwefelstückchen in einer Glasretorte $\frac{1}{2}$ Stunde gekocht und der Schwefel nach dem Erkalten herausgespült und durch Erwärmen im Dunklen und Kochen mit Salpetersäure geprüft. Das im Wasserbade erwärmte Schälchen mit einem Theil der zerriebenen Schwefelstückchen leuchtete mit einzelnen hellen Punkten und erfüllte den ganzen Boden des Schälchens mit hellem Lichte, welches nach und nach aufhörte; ebenso lieferte ein anderer Theil der Schwefelstückchen mit Salpetersäure behandelt unverkennbare Spuren von Phosphorsäure.

Weitere Versuche mit ähnlichen Mischungen angestellt, wobei die Destillation keine Spur von gebildeter phosphoriger Säure zeigte, gaben mit Schwefel behandelt stets unverkennbare Spuren von Phosphor.

Es dürften jedoch noch einige Nebenumstände zu berücksichtigen seyn. Wurden frisch bereitete Phosphormischungen *erwärmt*, so gab sich meist ein starker phosphoriger Geruch zu erkennen, selbst wenn der Phosphor sich in der 140,000fachsten Vermischung befand; wurden sie im Dunklen geschüttelt, so war bei vielen ein Leuchten zu erkennen. Setzt man solchen Vermischungen, welche im Dunklen beim Schütteln leuchten, Ammoniak oder Chlorwasser hinzu, so hört das Leuchten auf und der Phosphorgeruch ist verschwunden. Ein Zusatz von Ammoniak verhindert das Leuchten nicht so schnell, Chlorzusatz hingegen augenblicklich. Eine Mischung mit Ammoniakzusatz kann wieder zum Leuchten belebt werden, wenn mineralische Säuren bis zur Sättigung zugesetzt werden. Aus allen Gemengen, welche noch $\frac{1}{70,000}$ Phosphor enthielten, konnte auch nach dem Zusatz von Ammoniak und Chlorwasser durch Kochen mit Schwefelstückchen der Phosphor nachgewiesen werden. Hierdurch erklärt sich die Erscheinung,

dafs bereits im hohen Grade zersetzte thierische Gemenge bei der Destillation weder Dämpfe noch phosphorichte Säure in die Vorlage liefern, indem der Phosphor unter dem Einflufs der ammoniakalischen und anderer Zersetzungs-Gebilde entweder von diesen theilweise verändert oder umhüllt ist. Es scheint mir daher geeignet zu seyn, bei jeder Untersuchung, besonders wo man Phosphor vermuthet und man sich vorher von der Abwesenheit einer freien Säure überzeugt hat, absichtlich etwas reine Schwefelsäure zuzusetzen, welche den Verwesungsprocefs hindert und freies Ammoniak bindet. Ferner hat man sich von der Reinheit des verwendeten Stangenschwefels durch Kochen mit reiner Salpetersäure zu überzeugen. Ebenso darf die Erwärmung des Schwefels natürlich nie anders als im Wasserbade vorgenommen werden, da derselbe bei mehr als +100 C. an sich schon im Dunklen leuchtet. Da übrigens das Leuchten des Phosphors von seiner Oxydation herrührt, so ist es natürlich, dafs er auch nur so lange leuchtet, als diese noch nicht vollständig beendet ist; ist diefs geschehen, so verbleibt der Schwefel im Schälchen ohne zu leuchten.

Bei der Untersuchung eines Gemenges auf Phosphor hat man, wie nachstehend recapitulirend angegeben ist, zu verfahren. Man prüfe zuerst, ob wahrnehmbare und isolirbare Phosphorstückchen vorhanden sind. Ist dieses nicht der Fall, so versetze man das Gemenge, wenn die Abwesenheit von freier Schwefelsäure nachgewiesen ist, bis zur schwachen Säurereaction mit derselben. Darauf thue man das Gemenge mit mehreren Schwefelstückchen in eine tubulirte Retorte mit leicht angelegter Vorlage und beginne die Destillation. Nach etwa einem halbstündigen Kochen ist die übergegangene Flüssigkeit nach der von J. E. Schacht angegebenen Methode zu behandeln und auf Phosphor zu prüfen. Die Schwefelstückchen aus der Retorte werden nach dem Erkalten herausgenommen, abgespült und durch Erwärmen im Wasserbade, so wie durch Oxydation mit reiner Salpetersäure geprüft. Ein Theil dieser Schwefelstückchen kann auch dem chemischen Gutachten in einem Cylinder-

glase unter Wasser beigelegt werden, wobei jedoch beachtet werden mufs, dafs, wenn nur wenig Phosphor mit dem Schwefel verbunden war, die Leuchtkraft nach längerer Aufbewahrung zwar verloren geht, dafs dessen ungeachtet aber immer noch der Phosphor als Phosphorsäure daraus mit Salpetersäure nachgewiesen werden kann.

VII. *Ueber die Wirkung complementar gefärbter Gläser beim binocularen Sehen; von E. Brücke.*

(Aus den Sitzungsbericht. d. Wien. Akad. Phys. Kl. 1853 Juni.)

Es ist lange darüber gestritten worden, ob zwei verschiedene Farben, welche gleichzeitig die eine dem einen, die andere dem anderen Auge dargeboten werden, sich in derselben Weise zu einer resultirenden combiniren können, wie diefs geschieht, wenn die Eindrücke beider auf ein und derselben Netzhaut übereinander fallen.

Die Frage hat ihr eigenthümliches physiologisches Interesse. Vereinigen sich die Farben durchaus nicht, so beweist diefs, dafs die ihnen entsprechenden Erregungszustände sich nur in der Netzhaut mit einander verbinden können, und dann die Resultante derselben zum Gehirn fortgepflanzt wird. Ist es dagegen möglich, zwei Farben zur Vereinigung zu bringen, von denen die eine mit dem rechten, die andere mit dem linken Auge gesehen wird, so beweist diefs, dafs die ihnen entsprechenden Erregungszustände einzeln dem Gehirne zugeführt sich in demselben noch zu einer Resultante verbinden lassen.

Schon im J. 1806 gab De Haldat im *Journ. de Physique* an, dafs eine solche Vereinigung wirklich stattfinde. Er war zu diesem Resultat gekommen, indem er vor beiden Augen verschiedenfarbige Gläser hielt. Dieser Versuch ist

von sehr vielen guten Beobachtern angestellt worden; aber nur einzelne Stimmen erhoben sich für De Haldat, alle Uebrigen vereinigten sich dahin, dafs man bald die eine, bald die andere Farbe, bald das Sehfeld in der Mitte getheilt, und auf beiden Seiten verschieden gefärbt sehe, kurz eine Vereinigung der Farben nicht zu Stande komme.

So stand die Sache, als Dove im J. 1841 [1]) mit Hülfe des Stereoskops sich und viele Andere überzeugte, dafs die in demselben beiden Augen dargebotenen durch einen Polarisationsapparat erzeugten Farben sich in der That zu derselben Resultante combiniren, welche sie erzeugt haben würden, wenn sie beide gleichzeitig einer und derselben Netzhaut dargeboten worden wären. Dieses Resultat ist seitdem mit theilweis veränderten Hülfsmitteln mehrfach bestätigt worden [2]), und die oben gestellte physiologische Frage ist als endgültig entschieden zu betrachten. Zweifelhaft kann es nur noch seyn, in wiefern der erwähnte einfache Versuch von De Haldat geeignet war, eben jene Frage zu beantworten; ob De Haldat anders organisirt (gewesen) ist als Hunderte von Menschen, welche denselben Versuch angestellt haben, und sein Resultat nicht wieder finden konnten, oder ob jene Hunderte nur nicht unter den geeigneten Bedingungen experimentirten.

Ich besitze zwei Gläser, welche nahezu complementare und ziemlich gleich intensive Farben haben, ein hochgelbes und ein indigoblaues. Das erstere ist nach der Auskunft, welche mir die HH. Kollegen Zippe und Redtenbacher gegeben haben, mit Kohle und etwas Eisenoxydul gefärbt, letzteres ein Kobaltglas.

1) Monatsberichte d. Berlin. Akademie S. 251.

2) A. Seebeck, Beiträge zur Physiologie des Gehör- und Gesichtssinnes, Pogg. Ann. LXVIII. S. 449. Foucault und Regnault, *Note sur quelques phénomènes de la vision au moyen des deux yeux. Compt. rend.* (1849) *XXVIII.*, 78. *Institut, XVII., No.* 783 *p.* 3, *Philosoph. Magazine XXXIV.*, *p.* 269, Froriep's Notizen, X., 118. Dove über das Binocularsehen prismatischer Farben und eine neue stereoskopische Methode; Monatsberichte d. Berlin. Akad., Mai, 1850. Poggendorff's Annal. LXXX., S. 446.

Stellt man sich einem Fensterbarren gegenüber hin, hält das gelbe Glas vor das rechte, das blaue vor das linke Auge und starrt nun nach den Wolken oder anderen fernen Gegenständen, so sieht man dieselben zur rechten Seite des Barrens gelb, zur linken blau. Beide Farben sind nicht so intensiv wie die der Gläser einzeln betrachtet, aber sie sind sehr deutlich erkennbar. Diefs rührt nun daher, dafs man, indem man die Farben zu beiden Seiten des Barrens vergleicht, die eine mit dem einen, die andere mit dem anderen Auge sieht, die Gegenstände, welche am rechten Rande des Barrens erscheinen, verdeckt er dem linken Auge, und die, welche am linken Rande liegen, dem rechten. Deshalb richtet sich die psychische Intention abwechselnd auf das Sehen des rechten und des linken Auges.

Wenn man durch die Fensterscheibe rechts vom Barren sieht, sieht man vorherrschend mit dem rechten Auge, sieht man durch die Fensterscheibe links vom Barren, vorherrschend mit dem linken; man sieht deshalb durch erstere die Gegenstände gelb, durch letztere blau. Bei Menschen, deren beide Augen gleich geübt, und die zu fixiren gewohnt sind, genügt es, um die Farben verschwinden zu machen, wenn man sie so stellt, dafs sie mit beiden Augen durch eine und dieselbe Fensterscheibe sehen und sie einen Gegenstand fest fixiren läfst, der gerade vor ihnen liegt.

Nach rechts und links dürfen die Augen nicht gewendet werden, weil dann ein Theil des Sehfeldes, der nur einem Auge angehört, indem er dem anderen durch den Nasenrücken entzogen wird, dem directen Sehen zu nahe rückt. Bei Menschen, welche nicht gewohnt sind, ihre psychische Intention gleichmäfsig auf beide Augen zu richten, und denen deshalb die Farben leicht auseinander fallen, erreicht man seinen Zweck, wenn man sie mehrmals hintereinander abwechselnd mit beiden Augen durch das gelbe und das blaue Glas sehen läfst, so dafs man etwa jede 2 Sekunden einmal wechselt, und ihnen dann plötzlich beide Gläser gleichzeitig vorhält. Ich sehe farbloser, wenn sich das gelbe Glas vor dem linken Auge befindet, als wenn es vor dem rechten

rechten liegt, weil ich das rechte mehr gebrauche und übe und das Gelb leichter über das Blau die Herrschaft gewinnt als dieses über jenes.

Man sieht also, dafs hier bei den farbigen Gläsern dieselben Punkte in Betracht kommen, welche Dove bei seinen stereoskopischen Versuchen und für die Vereinigung zweier Farben des Sonnenspectrums wesentlich fand. Der Ton, in dem man die Landschaft sieht, gleicht demjenigen, welchen sie durch eine London-smoke-Brille annimmt. Die letztere Wirkung machen auch die beiden Gläser, wenn sie übereinander gelegt werden, nur verdunkeln sie dann begreiflicherweise viel mehr. Man kann aus der grofsen absorbirenden Kraft, der vollständigen Klarheit und der geringen Färbung der London-smoke-Brillen, welche so aufserordentliche Vortheile darbieten, und so viel ich weifs bis jetzt ausschliefslich von England her in den Handel kommen, mit Sicherheit schliefsen, dafs dieselben mit zwei complementar wirkenden Färbungsmitteln gefärbt sind, und ich zweifle nicht, dafs man dergleichen Gläser erhalten würde, wenn man einer und derselben Glasmasse die Substanzen zusetzte, welche einzeln gebraucht werden, um das oben erwähnte gelbe und blaue Glas hervorzubringen.

VIII. *Ueber die fixen Linien im Spectrum des Sonnenlichts; vom Professor C. Kuhn zu München.*

(Auszug aus dem im Bulletin der Petersb. Acad. veröffentlichten und vom Hrn. Verf. mitgetheilten Aufsatz).

Um die Vertheilung der Fraunhofer'schen Linien im Spectrum des Sonnenlichtes näher kennen zu lernen, habe ich Untersuchungen angestellt, deren Resultate im Folgenden mitzutheilen ich mich beehre. Es beziehen sich diese Mittheilungen auf die Anzahl der Linien im Spectrum und

auf einige besondere Erscheinungen, welche während der Untersuchungen zur Wahrnehmung kamen und beobachtet wurden.

Die Beobachtungen habe ich mit der Erlaubnifs des Hrn. Conservators Dr. Lamont auf der Königl. Sternwarte zu Bogenhausen in den Monaten August und September des Jahres 1847 angestellt, und in den gleichen Monaten des Jahres 1850 wiederholt und einer Controle unterworfen. In dem letztgenannten Jahre war die Anzahl der Beobachtungstage sehr gering, indem während der Zeit, in welcher ich meine Untersuchungen anstellen konnte, kaum sechs heitere Tage sich zeigten, die sich für die Lichtbeobachtungen benutzen liefsen.

In folgender Weise wurden die Untersuchungen vorgenommen: Auf einem fixen Postamente befand sich ein für optische Zwecke construirter Theodolith in einer Entfernung von beiläufig 16 pariser Fufs von dem Fensterladen, der die Spalte enthielt. Das Licht wurde mittelst eines — von Eckling in Wien gefertigten — Heliostaten durch die sehr enge Spalte auf das Objectiv des Fernrohres reflectirt, und es blieb so das Sonnenlicht während drei bis vier Stunden an demselben Ort fixirt. Unmittelbar vor dem Objective des Fernrohres befand sich auf der Mitte eines kleinen Horizontal-Kreises das zur Beobachtung der Farbenzerstreuung benutzte Prisma. Letzteres, aus dem optischen Institute des Hrn. von Merz dahier, ist aus reinem Flintglase, gut polirt und mit vollkommen ebenen Flächen versehen, und hat einen brechenden Winkel von 44° 59'. Dieses Prisma wurde für alle die im Folgenden erwähnten Beobachtungen angewendet. — Die Beobachtungen wurden längere Zeit von Morgens 6 Uhr bis gegen Sonnenuntergang, später blofs von 9 Uhr Morgens bis gegen 5 Uhr Abends unternommen.

Besondere Rücksicht wurde vor Allem bei den Beobachtungen auf die Anzahl der fixen Linien im Spectrum genommen. Es wurde daher, um diese zu untersuchen, täglich ein bestimmter Theil des Spectrums, von *A* ange-

fangen, beobachtet, so dafs nach und nach das Spectrum von *A* aus bis etwas über *H* hinaus der Messung unterworfen wurde. — Gleich bei den ersten Versuchen zeigte sich, dafs es ungemein schwierig ist, die Anzahl der Linien in einem Theile des Spectrums und gleichzeitig den Ort derselben anzugeben. Denn beim ersten Anblicke sieht man im Spectrum nur die stärkeren und ganz schwarzen Linien, während, wenn man längere Zeit den Farbenstreifen ansieht, bis sich das Auge an eine bestimmte Lichtgattung gewöhnt hat, fast in jedem einzelnen Theile des Spectrums, auf den das Auge fixirt wird, eine grofse Anzahl von Linien verschiedener Lichtintensität wahrnehmbar werden, von denen man vorher entweder gar keine oder nur einzelne, und diese von anderer Beschaffenheit wahrgenommen hat. Wenn man daher mit der Beobachtung gleichzeitig die Messung der Brechungswinkel verbindet, so verschwinden, da sich in schneller Aufeinanderfolge das Auge an verschiedene Lichtgattungen gewöhnen mufs, viele Linien für den Beobachter wieder, die er bei aufmerksamer Betrachtung des Spectrums recht deutlich wahrnehmen konnte.

Aufserdem ist in manchen Theilen des Spectrums die Anzahl der in Beziehung auf Lichtintensität anscheinend gleichartigen Linien und Streifen so grofs, dafs ihre gegenseitige Entfernung nicht mehr mit einer annähernden Genauigkeit gemessen werden kann; besonders, da auch noch der Umstand mifslich einwirkt, dafs der verticale Faden des Mikrometers oder Fadenkreuzes einzelne Gruppen ganz feiner Linien verdecken kann. Dieser letzte Uebelstand kann zwar durch den vom Hrn. Conservator Lamont mir während meiner Beobachtungen gütigst ertheilten Rath: die Spitze einer recht feinen Nadel anstatt des Spinnfadens zum Einstellen als Index anzuwenden, gröfstentheils beseitigt werden; allein an dem von mir benutzten optischen Theodolithen konnte eine solche Abänderung nicht in Anwendung kommen.

Bei meinen Untersuchungen habe ich daher Messen und Zählen der Linien von einander getrennt. Ich habe näm-

lich die Hauptlinien, welche Fraunhofer mit *A*, *a*, *B*, *C*, *D*, *E*, *b*, *F*, *G* und *H* bezeichnet hat, zu Grunde gelegt, und zwischen je zweien dieser Linien jene Linien und Streifen, die durch ihre Stärke oder sonstige eigenthümliche Beschaffenheit sich auszeichneten, aufgesucht, und ihre gegenseitigen Entfernungen durch genaue Ablesung der zugehörigen Brechungswinkel gemessen. Sowohl nach der Messung als an anderen Tagen zu gleichen Stunden, wurden dann dieselben Theile des Spectrums wieder vorgenommen, von welchen bereits die stärkeren Linien und Streifen etc. bestimmt waren, die Zahl der in diesen Theilen enthaltenen feinen Linien so weit, als diefs überhaupt möglich war, angegeben, und sodann der betreffende Theil des Spectrums graphisch dargestellt. Die einzelnen auf diese Weise zu wiederholten Malen angelegten Skizzen wurden sodann nach einem und demselben Maafsstabe aufgetragen, und so ergab sich ein Bild des Spectrums, von welchem nun die Erklärung sowohl als die dazu gehörigen Messungen angegeben werden sollen.

[Wir übergehen nun das Detail der Beobachtungen, da es ohne Beigabe der keine Verkleinerung erlaubenden Abbildung doch nicht verständlich seyn würde, um nur die erlangten Resultate mitzutheilen [1]].

Aus den angeführten Untersuchungen möchte sich nun Folgendes ergeben, und besonders hervorzuheben seyn:

1) Nur eine Bemerkung mag hier eine Stelle finden. — Was die besonderen Linien im Spectrum betrifft, sagt der Verfasser, so wurden hierüber, wie bereits, Poggendorff's Ann, Bd. 75, S. 457, berichtet wurde, vom Hrn. Conservator Dr. Lamont und mir Untersuchungen angestellt, aus welchen hervorging, dafs die horizontalen Streifen, die zuweilen im Spectrum sich zeigen, zufällige Erscheinungen sind. Dasselbe Resultat wurde auch von Karsten und Knoblauch [auch von A. Kefsler] gefunden (Pogg. Ann, Bd. 74, S. 389 und Bd. 85, S. 364.) Auch bei meinen späteren Untersuchungen sowohl im Herbste 1850, als im Juli 1851, habe ich diesen Gegenstand berücksichtigt, fand aber die früheren Resultate: dafs nämlich im Sonnenlichte selbst weder horizontale noch transversale Streifen, sondern keine anderen vorkommen, als die von Fraunhofer entdeckten verticalen Linien und Streifen. Uebrigens geht aus der neueren Untersuchung von Ragona-Scina (Pogg. Ann. etc., Bd. 84, S. 590) dasselbe Resultat hervor.

1) Die von Fraunhofer entdeckten verticalen Linien zeigen sich im Spectrum unter allen bis jetzt beobachteten Verhältnissen und unter sonst gleichen Umständen stets an derselben Stelle: sind also fixe Linien im Sonnenspectrum.
2) Die Anzahl der fixen Linien ist im rothen Antheile des Spectrums am geringsten, nimmt vom rothen gegen den violetten Theil zu, und ist im Violett am gröfsten.
3) Die Anzahl der Linien im Spectrum ist von der Höhe der Sonne über dem Horizonte abhängig, und wächst gegen Sonnenuntergang, so wie während des Sonnenaufganges vom Gelb bis zur wahrnehmbaren Gränze des Spectrums jenseits von *A*. — (Durch Absorption des Lichtes können ähnliche Erscheinungen hervorgebracht werden [1]).
4) Die Longitudinallinien sind nicht im Sonnenlichte, sondern sind zufällige Erscheinungen.
5) Die Anzahl der Linien im Spectrum des Sonnenlichtes ist unter den gewöhnlichen Umständen gegen 3000.

München am 25. Februar 1852.

IX. *Ueber den Cancrinit aus den Tunkinskischen Gebirge; von N. v. Kokscharow.*

Durch die gütige Zuvorkommenheit des Hrn. Professors S. S. v. Kutorga, Director der Mineralogischen Gesellschaft in Petersburg, erhielt ich zur näheren Untersuchung mehrere Mineralien aus der dem Hrn. Alibert gehörigen Graphit-Grube Marienskoy. Die genannte Grube liegt 400 Werst westlich von Irkutsk im Tunkinskischen Ge-

1) Dieser letzte Umstand ist von Miller — *London und Edingb. phil. Mag. Vol.* 27, *p.* 81; Pogg. Ann. Bd. 69, S. 404 — am umständlichsten erörtert worden.

birge, welches ein dem Sajanischen Gebirge parallel laufender Gebirgszug ist [1]). Einige dieser Stufen bestehen aus grob krystallinischem Granit, in welchem aufser Zirkon, Kalkspath, Moroxit und Magneteisenstein noch ein gelbes Mineral mit deutlichem Blätterdurchgang vorkommt, welches meine besondere Aufmerksamkeit auf sich zog. Nach einer genauen Bestimmung der Spaltbarkeit, Härte, des specifischen Gewichts und anderer physischer Eigenschaften, so wie nach Vollziehung einer qualitativen Analyse dieses Minerals, überzeugte ich mich, dafs dasselbe nichts anders als Cancrinit seyn könne, und zwar nach der Farbe, eine dem Cancrinit von Litchfield, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ähnliche Varietät. Um die chemische Formel zu erhalten, bat ich meinen Collegen, Hrn. v. Struve, dieses Mineral quantitativ zu analysiren. Die von Hrn. v. Struve aufgestellte Formel dieses Minerals beweist, dafs der Tunkinskische Cancrinit nicht nur in Hinsicht der Farbe, sondern auch seiner Zusammensetzung nach, mit dem Amerikanischen identisch ist.

Der Tunkinskische Cancrinit findet sich in kleinen Massen im Granit eingewachsen, der aus grofsen Krystallen von weifsem Feldspath und schwarzem Glimmer und aus körnigem und krystallinischem Quarz besteht. Der Cancrinit hat eine citrongelbe Farbe; jedoch einige Stücke, wenn gleich nicht viele, zeigen diese Farbe blofs auf der Oberfläche, im Inneren der Masse sind sie jedoch von bläulichgrauer Farbe. Spaltbarkeit vollkommen deutlich, nach drei sich in Winkeln von 120° schneidenden Richtungen, parallel den Flächen eines hexagonalen Prismas. Die Spaltungsflächen sind sehr glänzend und die durch dieselben gebildeten Winkel, lassen sich sehr gut vermittelst des Reflectionsgoniometers bestimmen. In Hinsicht der Härte steht das Mineral zwischen Apatit und Feldspath,

1) Man vergleiche die von mir verfafste und in den Verhandlungen der Russisch-kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg, Jahrgang 1852 bis 1853, S. 333, eingerückte Abhandlung: »Notiz über eine Mineralien-Sendung aus dem Tunkinskischen Gebirge«.

folglich ist dieselbe = 5,5. — Bei Bestimmung des specifischen Gewichts wurden in zwei Versuchen folgende Resultate erhalten: 2,446 und 2,453, folglich im Mittel 2,449. — Zum ersten Versuch verwandte ich *mehrere* kleine, vollkommen reine Stücke, die zusammen 0,9615 Grm. wogen, zum zweiten benutzte ich *ein* Stück von 0,5531 Grm. Das Mineral ist durchscheinend, in dünnen Stückchen halb durchsichtig und besitzt Fettglanz. In Salz- und Salpetersäure löst sich das Mineral unter starkem Brausen leicht zu einer klaren Flüssigkeit auf, welche nach kurzer Zeit gelatinirt, besondert wenn man zum Auflösen eine starke Säure verwendet hat. Die Gegenwart von Kieselsäure, Kohlensäure, Kalk, Thonerde und Natron läfst sicht leicht mit schon bekannten Mitteln erweisen. Von Eisenoxyd sind blofs Spuren vorhanden.

Beim Erhitzen des Minerals in der Platinzange wird es erst weifs und undurchsichtig, zuletzt aber schmilzt es zu einem weifsen blasigen Glase. Mit Borax schmilzt es zu einer klaren Perle. Mit Phosphorsalz schmilzt es unter Brausen leicht zu einer klaren Perle, wobei sich ein Kieselskelett ausscheidet. Mit Soda schmilzt es zu einem blasigen Glase. Der Cancrinit von Tunkinsk enthält nach der Analyse von Hrn. v. Struve:

Kieselsäure	38,33
Thonerde	28,55
Kalkerde	4,24
Natron	20,37
Kohlensäure und Wasser	8,51
	100,00.

Aus diesen Resultaten leitet Hr. v. Struve folgende Formel ab:

$$\dot{Na}^2 \dddot{Si} + 2 \dddot{Al} \dddot{Si} + \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \dot{Na} \\ \frac{1}{2} \dot{Ca} \end{array} \right\} \ddot{C} + \dot{H}.$$

Diese Formel ist übereinstimmend mit der von Whitney aufgestellten für den Cancrinit von Litchfield in der Provinz Maine, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika [1]).

1) Vergl. Pogg. Ann. von 1847, Bd. 70, S. 443.

Nach der oben angeführten Formel läfst sich folgende Zusammensetzung des Minerals berechnen:

Kieselsäure	37,71
Thonerde	28,38
Kalk	3,87
Natron	21,46
Kohlensäure	6,09
Wasser	2,49
	100,00.

X. *Ueber die Darstellung grofser, als Turmaline zu optischen Zwecken brauchbarer, Krystalle von schwefelsaurem Jod-Chinin (Herapathit).*

Durch fortgesetzte Bemühungen ist es dem Hrn. Dr. William Bird Herapath, dem Entdecker des in der Ueberschrift genannten Salzes, gelungen, dasselbe in Krystallen von solcher Gröfse darzustellen, dafs seine Hoffnung, es werde dadurch der Turmalin und das Nicol'sche Prisma bei Polarisationsversuchen gänzlich verdrängt werden, in der That nicht als zu kühn erscheint. Er hat den Herausgebern des *Philosophical Magazine* zwei Krystallplättchen übersandt, die, bei einer Länge von 0,6 Zoll, respective 0,3 und 0,4 Zoll in Breite messen, und, ohne mehr als die Dicke von Blattgold zu besitzen, bei rechtwinklicher Kreuzung dem Lichte vollständig den Durchgang verwehren. Zugleich hat er in der genannten Zeitschrift (November 1853 p. 346) das Verfahren zur Darstellung solcher Krystalle ausführlich beschrieben, welches wir nachstehend im Wesentlichen mittheilen wollen.

50 Grm. reines schwefelsaures Chinin (*disulphat*) werden aufgelöst in 2 Maafs-Unzen Holzessig, dann 2 Maafs-Unzen

einer Mischung gleicher Volume von Weingeist (0,837 spec. Gew.) und destillirten Wassers hinzugefügt, und, nun nachdem die Lösung bis 130° F. erwärmt worden, 50 Tropfen einer weingeistigen Jodlösung (40 Grm. Jod in einer Maafs-Unze des genannten Weingeistes) unter zeitweiser Umschüttlung eingetröpfelt.

Nach der Krystallisation bei 52° F. hat die Mutterlauge ein spec. Gew. von 0,986, welches zur Ablagerung des gröfseren Theils des krystallinischen Products am günstigsten zu seyn scheint und zugleich nur die breiteren und dünneren Plättchen, ohne alle Anhaftung kleinerer, schwimmen bleiben läfst. Es ist nothwendig, diese Operation in einer weitmündigen florentiner Flasche oder einem Kolben vorzunehmen, auch dafür zu sorgen, dafs die Temperatur, nach dem Zusatz der Jodlösung, einige Zeit constant bleibe, damit die Lösung vollkommen klar, dunkel und wie Sherrywein gefärbt sey.

Bei der Krystallisation hat man auf Folgendes zu achten:

1. Ist es wesentlich, dafs die Temperatur des Zimmers möglichst gleichförmig sey, etwa 45° oder 50° F., weil geringe Temperaturveränderungen Ströme in der Flüssigkeit hervorrufen, welche den Parallelismus der Krystalle stören; eine Erhöhung, auch nur bis 60° F., die dünneren Krystalle wieder löst.

2. Ebenso nöthig ist, dafs die Flüssigkeit während der ganzen Krystallisation vollkommen ruhig sey, selbst gegen die gewöhnlichen Erschütterungen des Zimmers geschützt werde. Die beste Methode dazu, von Hrn. John Thwaites angewandt, besteht darin, dafs man an die Flasche eine Schnur bindet und sie mittelst dieser an einer zweiten aufhängt, die von einer Wand des Zimmers zur anderen ausgespannt ist.

3. Auch ist nothwendig, die zu rasche Verdampfung an der Oberfläche der Flüssigkeit zu hindern, da sonst die Temperatur zu rasch sinkt und schädliche Strömungen entstehen. Daher ist eine Flasche oder ein Kolben besser als eine Schale.

4. Ist es entschieden vortheilhaft, der Flüssigkeit in Verhältnifs zur Tiefe eine breite Oberfläche zu geben, damit die dünneren Platten sich an dieser Oberfläche bilden und daselbst schwimmen bleiben, ehe die Zeit kommt, sie fortzunehmen. Je gröfser die Oberfläche ist, desto zahlreicher bilden sich die Platten.

5. Nicht immer bilden sich diese breiten Platten. Ist es nach sechs Stunden nicht geschehen, so braucht man nur die Flüssigkeit, damit sich die abgelagerten Krystalle wieder lösen, von unten durch eine Weingeistlampe zu erwärmen, etwas Weingeist und einige Tropfen Jodlösung hinzuzusetzen, und die fernere Krystallisation abzuwarten.

6. Hat man auf diese Weise eine gewisse Menge dieser breiten schwimmenden Platten erhalten, was unter den genannten Umständen gewöhnlich der Fall seyn wird, so läfst man sie noch 12 bis 24 Stunden in der Flüssigkeit, damit sie alle ihre Spalten ausfüllen, sich vollständig ausbilden und eine hinreichende Dicke erlangen; denn wenn sie zu dünn sind, halten sie nicht die rothen und purpurvioletten Strahlen zurück, wie Haidinger so schön gezeigt hat [1]). Bleiben die Krystalle zu lange in der Mutterlauge, so läuft man Gefahr sie zu verlieren oder zu verderben, denn nach einiger Zeit scheint ein Wiederauflössungsprocefs einzutreten.

Nachdem auf diese Weise die Krystalle gebildet worden, hat man sie herauszunehmen und aufzubewahren, was etwas Geduld und Sorgfalt erfordert. Das beste Verfahren dazu ist folgendes. Zunächst stellt man, dem Orte der Krystallisation möglichst nahe, einen Tisch auf, der folgende Gegenstände enthält.

1. Einen kleinen Mörser (*or gallipot*), um der Flasche als Unterlage zu dienen.

2. Eine Sammlung vollkommen sauberer runder Glasscheiben, klein genug, um sie ungehindert in den Hals der Flasche hinablassen zu können.

1) *Philosoph. Magaz.* Oct. 1853 und Pogg. Ann. 1853, Juni.

3. Einen Glasstab von hinlänglicher Länge, um damit den Boden der Flasche erreichen zu können.
4. Etwas Marineleim oder Siegellack.
5. Eine Weingeistlampe und einige Dochte.
6. Ein Vorrath von Fliefspapier zerschnitten zu Streifen von etwa 2 Zoll Länge und 1 Zoll Breite, auch eine Lage von diesem Papier, die als Kissen oder Unterlage dienen kann.

Um die Flasche mit möglichster Sorgfalt von der horizontalen Schnur abzunehmen, fafst man die verticale mit der linken Hand zwischen Zeigefinger und Daum und schneidet sie oberhalb mit einer Scheere durch; die Flasche kann dann unter leichten Schwingungen in den Mörser gestellt werden. Dann lackt man eine der Glasscheiben an das Ende des Glasstabes und läfst sie flach in den Hals der Flasche hinab, welcher sehr sanft so horizontal wie möglich geneigt seyn mufs. Man führt die Glasscheibe sanft unter das gröfste Krystallblättchen, und hebt es vorsichtig heraus.

Ist diese Operation gehörig ausgeführt, so erscheint das Blättchen als eine dünne gleichförmig gefärbte Schicht auf dem Glase ausgebreitet. Erscheinen schwarze Flecke darauf, so kommt diefs daher, dafs zufällig einige Krystalle in der Quere daraufliegen, oder auch einige an der Unterseite des Glases haften. Die letzteren müssen mit Fliefspapier abgewischt werden, die ersteren dagegen fliefsen gemeiniglich ab, wenn man die Glasscheibe vertical stellt. Sind sie dem Rande nahe, so lassen sie sich bei einiger Geschicklichkeit auch fortnehmen. Oft sind auch solche Vorsichtsmafsregeln nicht nöthig.

Nun läfst man von dem Blättchen alle Flüssigkeit höchst scrupulös durch Fliefspapier aufsaugen, und zwar ohne es zu berühren, denn der leiseste Contact zerstört seine Schönheit, symmetrische Anordnung und optische Vollkommenheit. Nachdem diefs gelungen, trocknet man es an der Luft in einem kalten Raum, d. h. einer Temperatur von 40° bis

50° F., um die Wiederauflösung und Zerstörung desselben zu verhüten, denn, aller Sorgfalt ungeachtet, wird etwas Mutterlauge an dem Krystall haften bleiben.

Zuweilen ist es nöthig, ihn, jedoch nur auf einen Augenblick, auf kaltem destillirtem Wasser, dem etwas Jod hinzugesetzt worden, schwimmen zu lassen oder darin einzutauchen. Diefs bezweckt zweierlei; es entfernt alle Mutterlauge und verhindert die spätere Bildung von Krystallen aus schwefelsauren Chinin, welche der polarisirenden Wirkung des neuen Turmalins schaden. Hierauf mufs der Krystall wiederum durch Löschpapier und durch Stellung an die Luft wie zuvor getrocknet, und unter ein Becherglas gebracht werden, worin ein Uhrglas mit einigen Tropfen Jodtinktur steht. Diefs giebt dem Felde einen entschieden schwarzen Ton; und wenn der Krystall zuvor zu dünn war, um alles Licht zurückzuhalten, er somit eine rothe oder purpurviolette Farbe gab, so wird seine Polarisationskraft durch diefs einfache Verfahren wesentlich verstärkt.

Die Jodirung der Platte darf indefs nicht zu lange fortgesetzt werden; die Dauer derselben hängt von der Temperatur des Zimmers ab; bei 50° F. sind insgemein drei Stunden erforderlich. Der Grund dieser Mafsregel wird beim Gebrauche klar. Die Krystalle besitzen nämlich im reflectirten wie im durchgelassenen Lichte eine reiche goldgelbe Farbe, und das Feld erweist sich daher, wenn die beiden Platten (mit ihren Axen) parallel liegen, intensiv gelb, was für die Untersuchung der Gegenstände hinderlich ist. Die Krystalle haben ihr Absorptionsvermögen für die gelben Strahlen verloren und die complementare Relation des Körpers zu den oberflächlichen Farben scheint auch verloren zu seyn — eine sehr merkwürdige Thatsache.

Die Wirkung des Jodirens scheint darin zu bestehen, dem Krystall so viel Jod hinzuzusetzen als nöthig ist, um ihm das genaue Complement von Gelb zur Neutralisation der rothen und blauen Strahlen der purpurn »Körperfarbe« mitzutheilen. Diese Strahlen werden nun von den Plättchen

absorbirt, wie es von gelbem Glase geschehen würde. Wenn zu viel Jod hinzugesetzt worden ist, geht beim Parallelismus der Krystalle ein intensives gelbes Licht hindurch; und die Plättchen werden brüchig, beim Fassen fast sicher zerstört, selbst wenn sie zuvor eine Zeitlang der Luft ausgesetzt worden sind, wodurch der Ueberschufs des Jods wieder verdampft, zum deutlichen Beweise, dafs dasselbe nicht chemisch gebunden war.

Es bleibt nur noch übrig, die so dargestellten »künstlichen Turmaline« mit dünnen Glasplatten zu bekleiden.

Zum Aufkleben derselben ist Kanadabalsam der beste Kitt; doch mufs er sehr dünn seyn und ohne viel Wärme angewandt werden. Am besten dürfte es seyn, wenn er in gewöhnlicher Temperatur flüssig ist. Der Verf. hat jedoch gefunden, dafs er die Krystalle angreift und Jod aus denselben zieht. Um diefs zu verhindern, mufs man ihn bei gewöhnlicher Temperatur mit Jod sättigen. Diefs geschieht am besten, wenn man den Balsam in einem Reactionsglase oder einer dünnen Flasche erwärmt, einige Jodkrystalle einschüttet, mit einem Glasstabe wohl umrührt, und langsam erkalten läfst, wobei sich der Ueberschufs des Jods ablagert. Zum Gebrauch hat man nur nöthig, ein Tröpfchen dieser Flüssigkeit mit dem Ende eines Glasstabes herauszunehmen, auf eine saubere runde Glasscheibe zu bringen, die den Krystall tragende Scheibe umgekehrt darüber zu legen, und beide mit dem Finger oder Stabe sanft zusammenzudrücken. Endlich wird der überflüssige Balsam am Rande entfernt, der kleine Apparat an der Luft getrocknet und mit einer messingenen Fassung versehen.

Am besten fand es der Verf., eine Lösung des alten harten Kanadabalsam in gewaschenem reinem Aether anzuwenden, dem alsdann, wie zuvor, etwas Jod hinzugesetzt worden war. Diese trocknet und erhärtet rascher als der gewöhnliche flüssige Kanadabalsam, ohne dabei die Krystalle anzugreifen.

Zuletzt lehnt der Verf. noch den von Hrn. Haidinger diesem Salze gegebenen Namen *Herapathit* ab, der, wie er

sagt, zwar sehr schmeichelhaft für ihn sey, aber doch von den optischen Eigenschaften und chemischen Charakteren des Salzes keine Idee gebe.

XI. *Ueber die Links-Kamphersäure und den Links-Kampher; von Hrn. J. Chautard,*

Professor der Physik am Lyceum zu Vendome.

(*Compt. rend. T. XXXVII, p.* 166.)

In einer Dissertation, welche ich zur Erlangung der Doctorwürde vor einem Jahre der Facultät der Wissenschaften eingereicht, habe ich eines Kamphers erwähnt, der von Hrn. Dessaignes und mir aus der ***Matricaria*** erhalten wurde und die Polarisationsebene nicht, wie der Kampher der ***Laurineen***, rechts ablenkt, sondern links.

Indem ich diesen Kampher mit Salpetersäure behandelte und dabei die zur Umwandlung des gewöhnlichen Rechts-Kamphers in Kamphersäure angegebenen Vorsichtsmafsregeln befolgte, erhielt ich eine neue Säure, welche die Polarisationsebene links ablenkt, genau eben so stark als die gewöhnliche Kamphersäure nach der Rechten thut, welche sich also zu dieser genau so verhält, wie die Linksweinsäure zur Rechtsweinsäure.

Vergleicht man nämlich nach einander die verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser beiden Säuren, wie Löslichkeit, Krystallform, Spaltbarkeit, Drehvermögen, u. s. w., so findet man bei allen die vollste Identität. Bringt man überdiefs die Rechts- und die Links-Kamphersäure zu gleichen Gewichtstheilen zusammen, so vereinigen sie sich sogleich, und bilden eine neue Säure, die von beiden ganz verschieden ist und auf das polarisirte Licht gar nicht wirkt. Man kann also diese die ***Kampher-Traubensäure*** nennen.

Wenn ich hinzufüge, dafs der Links-Kampher der Matricaria, von dem ich ausgegangen bin, dieselbe Löslichkeit,

denselben Schmelz- und Verflüchtigungspunkt, dasselbe Drehvermögen wie der gemeine Kampher der Laurineen besitzt, so wird man überzeugt seyn, dafs die Chemie gegenwärtig zwei organische Substanzen besitzt, welche zwei neue Beispiele von jenen, in so mancher Beziehung sonderbaren, Producten darbieten, deren Existenz von Hrn. Pasteur durch die Entdeckung der Links-Traubensäure und deren Vereinigung mit der Rechts-Traubensäure zu einer auf das Licht unwirksamen Moleculargruppe nachgewiesen ist.

XII. *Reflexion von dunkler Wärme an Glas und Steinsalz; von den HH. F. de la Provostaye und P. Desains.*

(Compt. rend. T. XXXVII. p. 168.)

Bei allen polirten Körpern ist die Diffusion kaum wahrnehmbar und daher sind die absorbirten und reflectirten Wärmemengen nahezu complementar. Andererseits geht aus unseren früheren Versuchen hervor, dafs, übereinstimmend mit den Ideen von Fourier, die ausgesandte Wärme auch complementar zur reflectirten ist, sobald die ausfahrenden Strahlen von gleicher Natur mit den einfallenden sind; und auf diese Weise haben wir in einer grofsen Zahl von Fällen die Gleichheit des Emissions- und des Absorptionsvermögens nachgewiesen.

Es giebt jedoch einen Körper, und diese Schwierigkeit beschäftigt uns sehr lange, welcher scheinbar eine Ausnahme von dieser Regel macht, nämlich das Glas.

Mehr als ein Mal haben wir die Richtigkeit der allgemein für sein Emissionsvermögen angenommenen Zahl 0,90 bestätigt gefunden. Sobald aber der obige Satz wahr ist, mufs das Absorptionsvermögen dieses Körpers ebenfalls

0,90 seyn, und folglich sein Reflexionsvermögen für dunkle Wärme nicht merklich von 0,10 abweichen.

Die Annahme dieser Zahl wäre aber gegen alle herkömmliche Ansichten. Einerseits nämlich ist, bei normaler oder fast normaler Incidenz, das Reflexionsvermögen für leuchtende Wärme gewifs sehr nahe 0,04 und andererseits versichert Hr. Melloni an mehren Stellen seiner Abhandlungen [1]), so wie Hr. Biot in seinem Berichte über die strahlende Wärme [2]), geradezu, dafs die Wärmestrahlen jeden Ursprungs in gleichem Verhältnifs an den polirten Oberflächen diathermaner Körper reflectirt werden.

Bei diesem Stande der Sache schien es uns nothwendig zum Versuch zu greifen. Wir haben das Reflexionsvermögen von schwarzem und von gewöhnlichem weifsen Glase bestimmt, und dabei als Wärmequelle bald einen Würfel voll Oel von 180°, bald eine durch eine Weingeistflamme bis 250° erhitzte Kupferplatte angewandt. Folgende Tafel enthält die erlangten Resultate, denen wir die vor fünf Jahren für verschiedene Neigungen gefundenen Werthe des Emissionsvermögen hinzugefügt haben.

Neigung der Strahlen.	Verhältnifs der reflectirten Wärme.	Emissionsvermögen daraus hergeleitet.	Emissionsvermögen direct bestimmt [3]).
0 25	} 0,10	0,90	0,90
60	0,16	0,84	0,84
70	0,25	0,75	0,75
75	0,32	0,68	0,65

Eine genügendere Uebereinstimmung, wie die der beiden letzten Spalten, kann man nicht erwarten. Die Schwierigkeit wegen des Emissions- und Absorptionsvermögens scheint uns also beseitigt. Allein es bleibt eine zweite, nicht minder wichtige, nämlich folgende:

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1837, *T. LXV. p.* 67 (Ann. Bd. 43, S. 285).

2) *Compt. rend.* 1840, *p.* 468 *et* 469.

3) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXII.*

Die Zahlen der zweiten Spalte können durch die Fresnel'sche Formel

$$J = \frac{1}{2}\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{1}{2}\frac{\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}$$

nur dann ausgedrückt werden, wenn man für den Brechungs-Index der Wärme von 200° eine nur wenig unter 2 liegende Zahl, etwa 1,95 annimmt.

Allein es zeigen sowohl die stärksten Analogien einerseits, als die directen Messungen von HH. Melloni [1]) und Forbes [2]) andererseits, dafs die Strahlen von niederer Temperatur weniger brechbar sind als die mittleren Lichtstrahlen.

Man müfste also annehmen, dafs die obige Formel, obwohl mit den Gesetzen der Reflexion leuchtender Wärme an Glas vollkommen übereinstimmend, nicht mehr auf die Strahlen von niederer Temperatur anwendbar wäre.

Wir haben in dieser Arbeit nicht gesucht, die oben erwähnte theoretische Schwierigkeit zu heben,, wohl aber haben wir sehen wollen, ob diese Schwierigkeit sich auch bei einer Substanz einstelle, die in ihrer Wirkung auf das Licht dem Glase sehr ähnelt, in ihren thermischen Eigenschaften aber gänzlich von ihm verschieden ist, nämlich beim Steinsalz.

Ohne *diatherman für alle Wärmestrahlen zu seyn*, läfst die von uns gebrauchte Steinsalzplatte doch 0,83 von derjenigen Wärme von niederer Temperatur durch, welche das Glas, selbst bei sehr geringer Dicke, vollständig auslöscht.

Nun schien uns bei allen Incidenzen unterhalb 30° die Reflexion, welche beide Flächen dieser Platte zusammen bewirken, für alle Wärmearten gleich 0,08 oder 0,09 zu seyn. Die Unterschiede sind also kaum merklich und die mittlere reflectirende Wirkung unserer Platte auf diese so verschiedenen Wärmen ist beinahe gleich der, welche sie,

1) Melloni, *Ann. de chim. et de phys.* 1837 *T. LXV, p.* 67. (Ann. Bd. 43, S. 285).

2) Gehler's physikal. Wörterbuch Bd. X, S. 615.

der Fresnel'schen Formel zufolge, auf einen Strahl weifsen Lichtes hätte ausüben müssen.

Nachdem wir gezeigt, wie sich in Bezug auf Wärme-Reflexion das Steinsalz vom Glase unterscheidet, wollen wir schliefslich noch einige Zahlen geben, die diese Mittheilung in Beziehung setzen zu der, welche wir die Ehre hatten am 10. Jan. dieses Jahres der Akademie zu überreichen.

Durch directe Messung fanden wir den Durchgang der dunklen Wärme durch unsere Steinsalzplatte bei 25° Neigung 0,83
und den der leuchtenden Wärme . . . . 0,91.

Addirt man nun zu diesen durchgelassenen Wärmen die reflectirten, welche ihnen entsprechen, nämlich 0,08 oder 0,09, so erhält man zwei Summen, deren Complemente zur Einheit die Absorption der Platte vorstellen.

Diese Absorption scheint nun bei der leuchtenden Wärme unmerklich und bei der dunklen beinahe 0,08 oder 0,09, was unsere früheren Resultate aufs Neue bestätigt.

XIII. *Erscheinungen beim Auftröpfeln gewisser Flüssigkeiten auf die Oberfläche eines Aethers; von Hrn. Sire.*

(*Compt. rend. T. XXXVII. p.* 667.)

Wenn man auf gewöhnlichem Schwefeläther, der bei 32° C. in einer 2 bis 3 Centimeter weiten Glasröhre enthalten ist, einen Tropfen krystallisirbarer Essigsäure fallen läfst, so sieht man denselben, trotz des Dichtigkeitsunterschiedes, auf der Aetherfläche schwimmen, und, statt durch Verdampfung abzunehmen, sein Volum rasch vergröfsern, in vielen Fällen gar versechsfachen. Der Versuch ist leicht zu wiederholen, wenn man den Aether durch Erwärmung

der Röhre in einem Wasserbade auf seiner Temperatur erhält.

Ich habe gesucht, die Erscheinungen mit anderen Flüssigkeiten hervorzubringen; allein beim Schwefeläther ist es mir nur mit Schwefelsäurehydrat und mit Salpetersäure geglückt; letztere zeigte die Erscheinung am auffallendsten.

Mikrometrische Messungen ergaben 2,1 Millimeter für den Durchmesser der Tropfen, die ich mittelst einer ausgezogenen Pipette auf den Aether fallen liefs. Das Verhältnifs zwischen dieser ursprünglichen Gröfse und dem Maximum, welches die Tropfen erreichten, fand ich bei der Schwefelsäure 1 : 3, bei der Essigsäure 1 : 5 und bei der Salpetersäure 1 : 12.

Kehrt man die Ordnung der Flüssigkeiten um, d. h. läfst man auf die genannten Säuren, nachdem sie bis etwa 40° C. erwärmt worden, Aethertröpfchen fallen, so sieht man diese auf der Oberfläche der Säure umherlaufen, rasch am Volume abnehmen, und mit der Oberfläche zusammenfliefsen.

Bei ihrer Vergröfserung nehmen die Tropfen eine ziemlich rasche Bewegung an; zuweilen stellt sich eine sehr regelmäfsige Rotation ein. Ich glaube bemerkt zu haben, dafs diese Bewegung so lange anhält als die Vergröfserung dauert, und beide Erscheinungen zugleich aufhören. Haben somit die Tropfen das Maximum ihrer Gröfse erreicht, so sind sie ganz unbeweglich. Bei regelmäfsiger Unterhaltung der Temperatur, sah ich Essigsäuretröpfchen 20 bis 25 Minuten bestehen.

Sobald die Tröpfchen unbeweglich sind, sieht man Farbenringe auf dem oberen Theil der ganzen Oberfläche eines Kugelsegments, dessen Höhe mir ein Drittel der Tropfenhöhe zu seyn schien. Diese Farben sind sehr lebhaft und mit blofsem Auge vollkommen sichtbar, besonders bei der Salpetersäure.

XIV. *Tafel über das specifische Gewicht des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.*

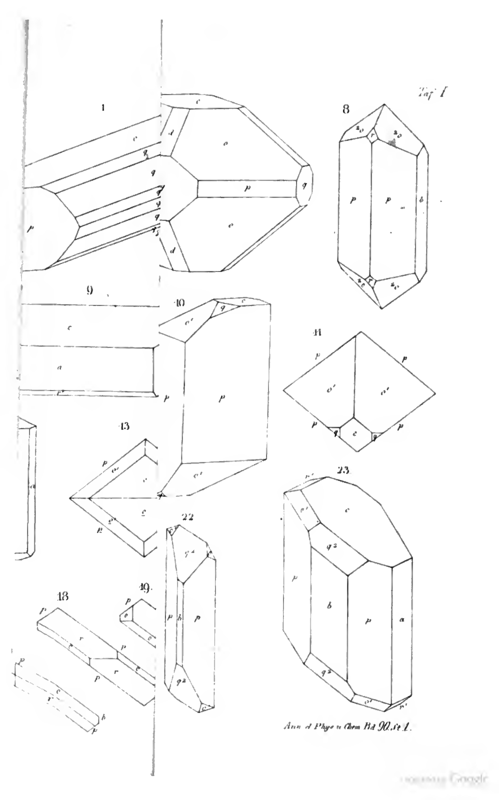
Die nachstehende Tafel wird von Hrn. J. Alexander im *American Journ. of Science* (Sept. 1853) mitgetheilt. Sie beruht auf Versuchen, welche von dem verstorbenen F. R. Hasler bei Gelegenheit einer im Auftrage der Amerikanischen Regierung ausgeführten meteorologischen Arbeit angestellt, und 1832 in einem *Report to the Treasury Department on the Comparison of Weights and Measures* (22ster *Congrefs*, 1ste *Sess. H. R. No.* 299) veröffentlicht worden sind.

Temp. F.	Spec. Gew.	Temp. F.	Spec. Gew.	Temp. F.	Spec. Gew.
40°	1,0000000	56	0,9996067	72	0,9983149
41	0,9999997	57	95522	73	82043
42	99978	58	94942	74	80901
43	99948	59	94328	75	79723
44	99860	60	93680	76	78510
45	99737	61	92997	77	77263
46	99579	62	92278	78	75981
47	99385	63	91523	79	74665
48	99157	64	90732	80	73315
49	98893	65	89905	81	71929
50	98595	66	89043	82	70507
51	98262	67	88147	83	69049
52	97894	68	87217	84	67555
53	97491	69	86252	85	66025
54	97052	70	85253		
55	96577	71	84219		

Nach der Formel: Spec. Gew. bei t^0 Fahrenheit

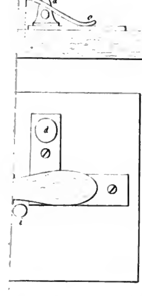
$$=\tfrac{1}{2}(t^2-42^0)[69+35,15\,(t^0-42^0)].$$

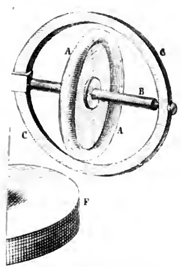
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



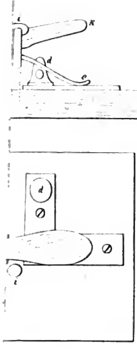
Taf. I
1
8
9
10
11
13
22
23
18
19
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 90. St. 1.

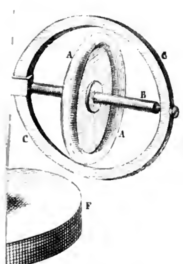

Taf II.

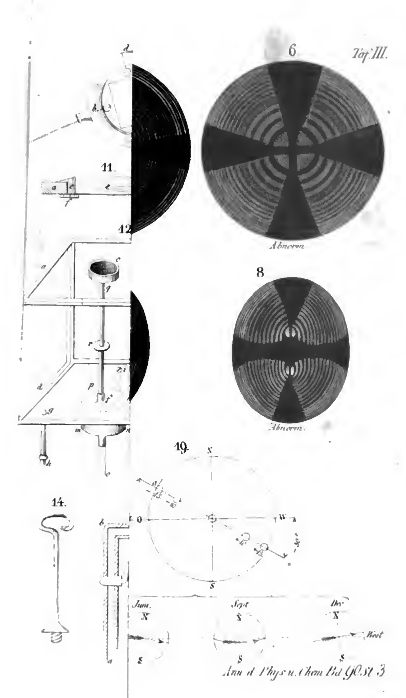

i
k
d
c
d
i

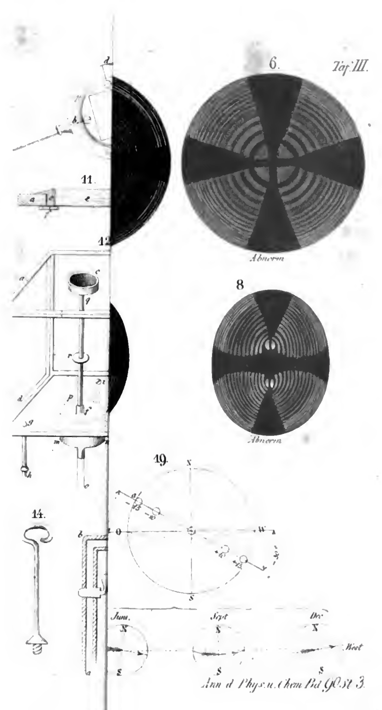

A
G
B
A
C
F


Taf II


i
k
d
c
d
i


A
G
B
C
A
F


Taf. III.
6
Abnorm.
8
Abnorm.
11.
12.
14.
19.
Jun.
Sept.
Dec.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 90. St. 3



Taf. III.
6.
Abnorm
8
Abnorm
11.
12
14.
19.
Jun.
Sept
Dec
West

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

REGISTERBAND.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VON

J. C. POGGENDORFF.

NAMEN-

UND

SACH-REGISTER

ZU DEN

BÄNDEN LXI BIS XC.

UND DEN

ERGÄNZUNGSBÄNDEN II BIS IV.

BEARBEITET VON W. BARENTIN.

LEIPZIG, 1854.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Namenregister

zu

den Annalen der Physik und Chemie.

Band LXI bis XC.

und

Ergänzungsband II. bis IV.

Namenregister.

(Die Ergänzungsbände sind mit EII, EIII, EIV bezeichnet).

A.

C.

E.

N.

O.

P.

Q.

Sachregister

zu

den Annalen der Physik und Chemie.

Band LXI bis XC.

und

Ergänzungsband II. bis IV.

Sachregister.

(Die Ergänzungsbände sind mit EII, EIII, EIV bezeichnet).

A.

E.

F.

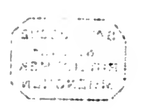
J. I.

K.

N.

X.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



Der Nachweis zu den Kupfertafeln

befindet sich in jedem Bande am Schlufs des Inhaltsverzeichnisses.

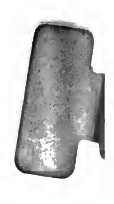
Berichtigungen.

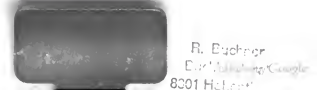
Seite 14 unter Hällström, Zeile 3 ist statt 386 zu setzen 586.
- 25 - Plateau, Zeile 5 ist statt 363 zu setzen 563.
- 49 rechts, im Satz: Schulz-Fleeth, Zeile 5 ist statt 83 zu setzen 93.










R. Buchner





